

د. عبد الله حبشي

تحت المراجعة وغير مسموح بتداولها

(نسخة خاصة بالمطبعة غير صالحة للاستخدام الدراسي)

الباب 1
الأول



العناصر الانتقالية

◂ يمكن تقسيم الجدول الدوري بثلاث طرق:

- 4 فئات (s,p,d,f)
- 7 دورات أفقية
- 18 مجموعة رأسية

s
1 2
d
3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
p
13 14 15 16 17 18
الدورة الأولى
الدورة الثانية
الدورة الثالثة
الدورة الرابعة
الدورة الخامسة
الدورة السادسة
الدورة السابعة
f

١ فئات الجدول (s,p,d,f)

◂ عدد فئات الجدول الدوري = عدد المستويات الفرعية = 4

◂ تحتوي الفئة s على العناصر التي ينتهي توزيعها الالكتروني بالمستوى الفرعي s

◂ تحتوي الفئة p على العناصر التي ينتهي توزيعها الالكتروني بالمستوى الفرعي p

◂ تحتوي الفئة d على العناصر التي ينتهي توزيعها الالكتروني بالمستوى الفرعي d

◂ تحتوي الفئة f على العناصر التي ينتهي توزيعها الالكتروني بالمستوى الفرعي f

٢ دورات الجدول الدوري (سبع دورات من الأولى الى السابعة)

◂ عدد دورات الجدول الدوري = عدد المستويات الرئيسية = 7

◂ تبدأ كل دورة بافتتاح مستوى رئيسي جديد.

◂ عناصر الفئة f موقعها كالتالي:

- اللانثانيدات : جزء من الدورة السادسة
- الاكتينيدات : جزء من الدورة السابعة

٣ مجموعات الجدول الدوري

◂ عدد المجموعات في كل فئة = عدد الالكترونات التي يتشبع بها كل مستوى

◂ الفئة s تحتوي على مجموعتين — لأن المستوى s يتشبع بـ 2 الكترون

◂ الفئة p تحتوي على 6مجموعات — لأن المستوى p يتشبع بـ 6 الكترون

◂ الفئة d تحتوي على 10مجموعات — لأن المستوى d يتشبع بـ 10 الكترون

- الفئة f تم فصلها أسفل الجدول الدوري
- إجمالي مجموعات الجدول الدوري = 18 مجموعة رأسية

ملحوظـــة

جميع مجموعات الجدول الدوري تتكون من عمود واحد فقط، عدا المجموعة الثامنة تتكون من ثلاثة أعمدة رأسية علل؟

لان التشابه الافقي بين عناصرها أكبر من التشابه الرأسي .

- بنـــاءً علـــى مـــا سبـــق:

يمكن اعتبار مجموعات الجدول الدوري 16 مجموعة

تسمية المجموعات

- تسمية الأيوباك (الحديثة): تأخذ أرقام من 1 الى 18
- التسمية القديمة:
  - الغازات الخاملة: المجموعة الصفرية (0)
  - عناصر الفئة f: مفصولة أسفل الجدول الدوري (الانتقالية الداخلية)
  - العناصر الممثلة: هي عناصر الفئة (s.p) عدا الغازات الخاملة

    تتكون من سبع مجموعات

    تأخذ الأسماء من 1A الى 7A
  - عناصر الفئة (d) الانتقالية الرئسية

	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIII	VIII	VIII	IB	IIB
السلسلة الانتقالية الأولى	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn
السلسلة الانتقالية الثانية	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd
السلسلة الانتقالية الثالثة	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg
السلسلة الانتقالية الرابعة	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn

تحديد الموقع في الجدول الدوري

الفئة	آخر مستوى فرعي وفقا لترتيب البناء التصاعدي
الدورة	أكبر عدد كم رئيسي في التوزيع
المجموعة	غاز خامل: المجموعة الصفرية عنصر ممثل: A مجموع الكترونات s + P عنصر انتقالي: B مجموع الكترونات s + d استثناءات: • اذا كان مجموع s + d = 8 , 9 , 10 فإن العنصر يقع في المجموعة الثامنة (VIII) • اذا كان مجموع s + d = 11 فإن العنصر يقع في المجموعة 11 (1B) • اذا كان مجموع s + d = 12 فإن العنصر يقع في المجموعة 12 (2B)

مثال ١

$_{36}Kr$					
التوزيع الإلكتروني للعنصر				$[Ar], 4s^2, 3d^{10}, 4p^6$	
الفئة	p	الدورة	4	المجموعة	0

مثال ٢

$_{13}Al$					
التوزيع الإلكتروني للعنصر				$[Ne], 3s^2, 3p^1$	
الفئة	p	الدورة	3	المجموعة	3A

مثال ٣

$_{25}Mn$					
التوزيع الإلكتروني للعنصر				$[Ar], 4s^2, 3d^5$	
الفئة	d	الدورة	4	المجموعة	7B

مثال ٤

$_{24}Cr$					
التوزيع الإلكتروني للعنصر				$[Ar], 4s^1, 3d^5$	
الفئة	d	الدورة	4	المجموعة	6B

مثـــال ٥					
$_{29}Cu$					
التـــوزيـــع الإلكترونـــي للعنصـــــر				$[Ar], 4s^1, 3d^{10}$	
الفئـــــة	d	الــــدورة	4	المجموعـــة	1B

مثـــال ٦					
$_{28}Ni$					
التـــوزيـــع الإلكترونـــي للعنصـــــر				$[Ar], 4s^2, 3d^8$	
الفئـــــة	d	الــــدورة	4	المجموعـــة	8 (VIII)

التركيب العام للمجموعة

s	$ns^{\text{عدد الالكترونات}}$
p	$np^{\text{عدد الالكترونات}}$
d	$(n-1)d^{\text{عدد الالكترونات}}$
f	$(n-2)f^{\text{عدد الالكترونات}}$

التركيب العام للسلاسل الانتقالية

◂ السلسلة الانتقالية الأولى:

$$4s^{(1-2)}, 3d^{(1-10)}$$

◂ السلسلة الانتقالية الثانية:

$$5s^{(1-2)}, 4d^{(1-10)}$$

◂ السلسلة الانتقالية الثالثة:

$$6s^{(1-2)}, 5d^{(1-10)}$$

◂ السلسلة الانتقالية الرابعة:

$$7s^{(1-2)}, 6d^{(1-10)}$$

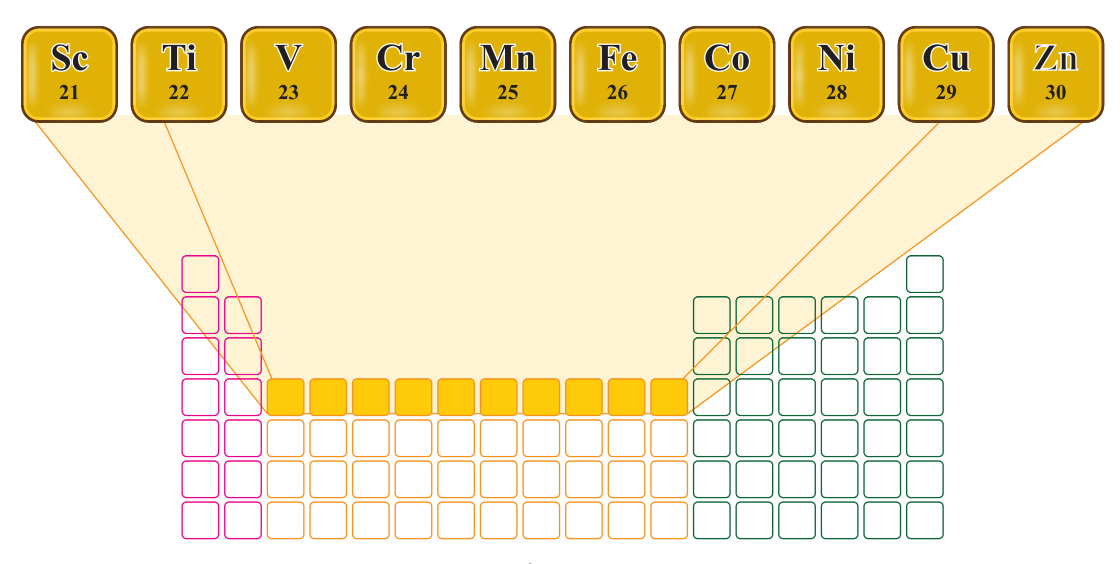
◂ التركيب العام للسلاسل الانتقالية:

$$ns^{(1-2)}, (n-1)d^{(1-10)}$$

السلسلة الانتقالية الأولى

◂ تشتمل هذه السلسلة على عشرة عناصر هي:

السكانديوم (Sc) والتيتانيوم (Ti) والفانديوم (V) والكروم (Cr) والمنجنيز (Mn) والحديد (Fe) والكوبلت (Co) والنيكل (Ni) والنحاس (Cu) والخارصين (Zn).



موقع السلسلة الانتقالية الأولى في الجدول الدوري

◂ النسبة المئوية لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى في القشرة الأرضية:

العنصر	السكانديوم	التيتانيوم	الفانديوم	الكروم	المنجنيز	الحديد	الكوبلت	النيكل	النحاس	الخارصين
الرمز	$_{21}Sc$	$_{22}Ti$	$_{23}V$	$_{24}Cr$	$_{25}Mn$	$_{26}Fe$	$_{27}Co$	$_{28}Ni$	$_{29}Cu$	$_{30}Zn$
النسبة الوزنية (٪)	0.0026%	0.66%	0.02%	0.014%	0.11%	5.1%	0.003%	0.0089%	0.0068%	0.0078%

◂ عناصر السلسلة الانتقالية الأولى مجتمعة يكون حوالي 7% من وزن القشرة الأرضية إلّا أنّ أهميتها الاقتصادية كبيرة.

الأهمية الاقتصادية لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى

١ السكانديوم $_{21}Sc: [Ar], 4s^2, 3d^1$

الخصائص

◂ يوجد بكميات صغيرة جدًا موزعة على نطاق واسع من القشرة الأرضية.

الاستخدامات

العنصر ومركباته:

- يضاف إلى مصابيح أبخرة الزئبق (فلز سائل غير انتقالي) لإنتاج ضوء عالي الكفاءة، يشبه ضوء الشمس
تستخدم هذه المصابيح في التصوير التلفزيوني اثناء الليل.

السبيكة:

- تضاف نسبة ضئيلة منه إلى الألومنيوم (فلز ممثل غير انتقالي).
- تمتاز بخفتها وشدة صلابتها.
- تستخدم في صناعة طائرات الميج المقاتلة.



تستخدم سبيكة الألومنيوم مع السكانديوم في صناعة طائرات الميج المقاتلة

٢ التيتانيوم $_{22}Ti: [Ar], 4s^2, 3d^2$

الخصائص

- عنصر شديد الصلابة كالصلب Steel، ولكنه أقل منه كثافة.

الاستخدامات

العنصر:

- عمليات زراعة الأسنان والمفاصل الصناعية لأن الجسم لا يلفظه ولا يسبب أي نوع من التسمم.



يستخدم التيتانيوم في عمليات زراعة الأسنان والمفاصل الصناعية

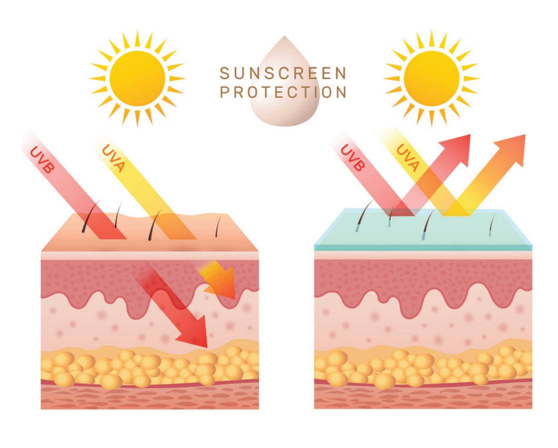
السبيكة:

- سبائكه مع الألومنيوم في صناعة الطائرات والمركبات الفضائية ..

لأنه يحافظ على متانته في درجات الحرارة المرتفعة في الوقت الذي تنخفض فيه متانة الألومنيوم.

المركبات:

- ثاني أكسيد التيتانيوم (TiO_2): يدخل في تركيب مستحضرات الحماية من أشعة الشمس، حيث تعمل دقائقه النانوية على منع وصول الأشعة فوق البنفسجية للجلد.

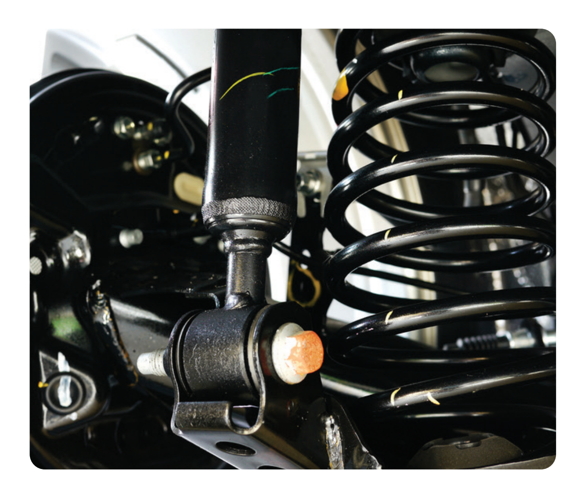


تمنع مستحضرات الحماية من أشعة الشمس وصول الأشعة فوق البنفسجية للجلد

٣ الفاناديوم $_{23}V: [Ar], 4s^2, 3d^3$

الاستخدامات

السبيكة:



تستخدم سبيكة الصلب مع الفاناديوم في صناعة زنبركات السيارات

- عند إضافة نسبة ضئيلة منه إلى الصلب (حديد + كربون)، تتكون سبيكة تتميز بقساوة عالية وقدرة كبيرة على مقاومة التآكل لذا يستخدم في صناعة زنبركات السيارات.

المركبات:

- خامس أكسيد الفاناديوم (V_2O_5) الذي يستخدم كـ:
  1. صبغة في صناعة السيراميك والزجاج.
  2. عامل حفاز في صناعة المغناطيسات فائقة التوصيل.
  3. عامل حفاز في تحضير حمض الكبريتيك بطريقة التلامس.
  4. عامل حفاز في تحضير حمض البنزويك من الطولوين.

٤ الكروم $_{24}Cr: [Ar], 4s^1, 3d^5$

الخصائص



يستخدم عنصر الكروم في طلاء المعادن

- عنصر على درجة عالية من النشاط الكيميائي لكنه يقاوم فعل العوامل الجوية. **التعليل:** بسبب تكون طبقة من الأكسيد على سطحه حجم جزيئاتها أكبر من حجم ذرات العنصر نفسه فيكون الأكسيد سطحًا غير مساميًا يمنع استمرار تفاعل الكروم مع أكسجين الجو.
  - يعتبر أكسيد الكروم نوعًا من الصدأ المرغوب فيه

الاستخدامات

العنصر: طلاء المعادن ودباغة الجلود.

المركبات:

- أكسيد الكروم (III) Cr_2O_3: عمل الأصباغ.
- ثاني كرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$: مادة مؤكسدة.

٥ المنجنيز $_{25}Mn: [Ar] , 4s^2 , 3d^5$

الخصائص

- لا يستخدم المنجنيز وهو في حالته النقية (كعنصر) لهشاشته الشديدة، لذا يستخدم دائمًا في صورة سبائك أو مركبات.

الاستخدامات

السبائك:

- سبائك الحديد مع المنجنيز في صناعة خطوط السكك الحديدية، لأنها أصلب من الصلب.
- سبائك الألومنيوم مع المنجنيز في صناعة عبوات المشروبات الغازية لمقاومتها للتآكل.

المركبات:

- ثاني أكسيد المنجنيز MnO_2: عامل مؤكسد قوي ويستخدم في صناعة العمود الجاف.
- برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$: مادة مؤكسدة ومطهرة.
- كبريتات المنجنيز $MnSO_4$ II: مبيد للفطريات.



تستخدم سبائك الحديد مع المنجنيز في صناعة خطوط السكك الحديدية



محلول برمنجنات البوتاسيوم البنفسجي (مادة مؤكسدة ومطهرة)

٦ الحديد $_{26}Fe: [Ar] , 4s^2 , 3d^6$

العنصر

- قابل للتمغنط.
- أكثر عناصر 3d وفرة في القشرة الأرضية.
- الحديد النقي ليس له أهمية صناعية لأنه لين نسبيًا وليس شديد الصلابة لذا يستخدم في هيئة سبائك
- يستخدم في الخرسانات المسلحة وأبراج الكهرباء والسكاكين ومواسير البنادق والمدافع والأدوات الجراحية.
- عامل حفاز في صناعة غاز النشادر بطريقة (هابر- بوش).
- عامل حفاز في تحويل الغاز المائي إلى وقود سائل بطريقة (فيشر- تروبش).

ملحوظة: الغاز المائي هو (خليط من الهيدروجين وأول أكسيد الكربون).

- صناعة المغناطيسات.
- صناعة البطاريات الجافة في السيارات الحديثة.



يستخدم الحديد في صناعة أبراج الكهرباء

٧ الكوبلت $_{27}Co: [Ar], 4s^2, 3d^7$

الخصائص



- يشبه الحديد في أن كلاهما قابل للتمغنط ويستخدما في صناعة المغناطيسات وكذلك في البطاريات الجافة في السيارات الحديثة.

الاستخدامات

العنصر:

- صناعة المغناطيسات (مثل الحديد).

المركب: CoO_2

- صناعة البطاريات الجافة في السيارات الحديثة (مثل الحديد).

النظير كوبلت 60:

- تصدر منه أشعة جاما.
- تتميز أشعة جاما بقدرة عالية على النفاذ لذا يستخدم نظير الكوبلت 60 في:

١) عمليات حفظ المواد الغذائية.

٢) التأكد من جودة المنتجات حيث يكشف عن مواقع الشقوق ولحام الوصلات.

٣) في الطب: في الكشف عن الأورام الخبيثة وعلاجها.

ملحوظة: للكوبلت اثنا عشر نظيرًا مشعًا أهمها الكوبلت 60.

٨ النيكل $_{28}Ni: [Ar], 4s^2, 3d^8$

الاستخدامات

العنصر:

- طلاء المعادن ليحميها من الأكسدة والتآكل ويعطيها شكلا أفضل.
- النيكل المجزأ (المطحون): يستخدم في عمليات هدرجة الزيوت.



تستخدم سبائك النيكل والكروم في صناعة ملفات التسخين

المركبات:

- صناعة بطاريات النيكل - كادميوم القابلة لإعادة الشحن.

السبائك:

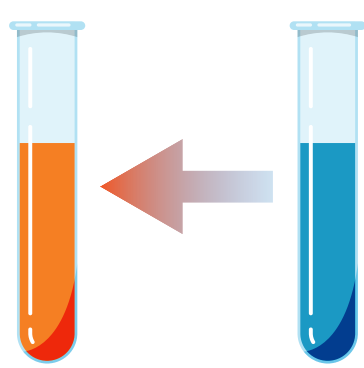
- سبائك النيكل مع الصلب: تتميز بالصلابة ومقاومة الصدأ ومقاومة الأحماض.
- سبائك النيكل والكروم: صناعة ملفات التسخين والأفران الكهربية، لأنها تقاوم التآكل حتى وهي مسخنة لدرجة الاحمرار.



٩ النحاس $_{29}Cu: [Ar], 4s^1, 3d^{10}$

الخصائص

- يعتبر النحاس -تاريخيًا- أول فلز عرفه الإنسان.



يتحول لون محلول فهلنج من اللون الأزرق إلى اللون البرتقالي عند إضافة محلول سكر الجلوكوز إليه



الاستخدامات

العنصر:

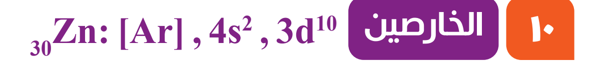
- موصل جيد للكهرباء، لذا يستخدم في صناعة الكابلات الكهربية.

السبائك:

- سبيكة النحاس مع القصدير: تعرف باسم البرونز.
- سبيكة النحاس الأصفر (نحاس - خارصين).
- سبائك العملات المعدنية.

المركبات:

- كبريتات النحاس II $(CuSO_4)$: مبيد حشري ومبيد للفطريات في عمليات تنقية مياه الشرب.
- محلول فهلنج (أحد مركبات النحاس): الكشف عن سكر الجلوكوز، حيث يتحول من اللون الأزرق إلى اللون البرتقالي عند وجود سكر الجلوكوز في المحاليل.



١٠ الخارصين $_{30}Zn: [Ar], 4s^2, 3d^{10}$

الاستخدامات

العنصر: جلفنة باقي الفلزات، لحمايتها من الصدأ.

المركبات:

- أكسيد الخارصين ZnO: صناعة الدهانات والمطاط ومستحضرات التجميل.
- كبريتيد الخارصين ZnS: صناعة الطلاءات المضيئة وشاشات الأشعة السينية.



يستخدم كبريتيد الخارصين في صناعة الطلاءات المضيئة

خواص العناصر الانتقالية

التوزيع الإلكتروني

◂ تقع عناصر السلسلة الانتقالية الأولى في الدورة الرابعة بعد الكالسيوم.

27 Co كوبلت	26 Fe حديد	25 Mn منجنيز	24 Cr كـــروم	23 V فاناديوم	22 Ti تيتانيوم	21 SC سكانديوم	20 Ca كالسيوم
45 Rh روديوم	44 Ru روثينيوم	43 Tc تكنيشيوم	42 Mo موليدينيوم	41 Nb نيوبيوم	40 Zr زركونيوم	39 Y يتريوم	38 Sr سترانشيوم

◂ وتركيبه الالكتروني: $_{20}Ca: [Ar], 4s^2$.

◂ يبدأ بعد ذلك:

- امتلاء الأوربيتالات الخمسة للمستوى الفرعي (3d) بالكترون مفرد في كلّ أوربيتال بالتتابع
- حتى نصل إلى المنجنيز ($3d^5$).
- يتوالى بعد ذلك ازدواج الكترونين في كلّ أوربيتال حتى نصل إلى الخارصين ($3d^{10}$)
- (قاعدة هوند): لابد للإلكترونات أن تملأ أوربيتالات المستويات الفرعية فرادى أولا ثم تزدوج

◂ يشذ عن التركيب الالكتروني المتوقع عنصران هما:

- الكروم $_{24}Cr: [Ar]\ 4s^1, 3d^5$
- النحاس $_{29}Cu: [Ar]\ 4s^1, 3d^{10}$ علل؟

◂ في ذرة الكروم: المستويين الفرعيين 3d, 4s نصف ممتلئين.

◂ في ذرة النحاس: المستوى الفرعي 4s نصف ممتلئ والمستوى الفرعي 3d تام الامتلاء.

لأن الذرة تكون أكثر استقرارًا (أقل طاقة) عندما يكون المستوى الفرعي نصف ممتلئ (d^5) أو تام الامتلاء (d^{10}).

ملحوظة: الامتلاء الكامل أو النصفي ليس هو العامل الوحيد لثبات التركيب الإلكتروني للعنصر.

حالات التأكسد

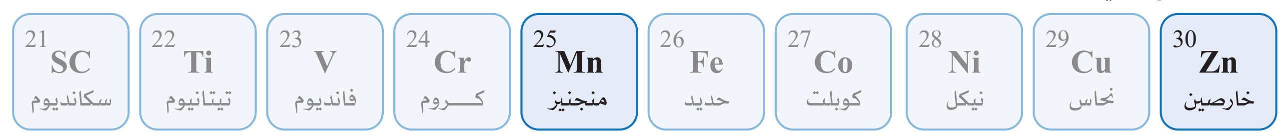
العناصر الإنتقالية فلزات يحدث لها أكسدة دائما (فقد الكترونات) لذلك تكون جميع حالات التأكسد موجبة

IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIII			IB	IIB
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
								+1	
	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2
+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3		
	+4	+4		+4		+4	+4		
		+5							
			+6	+6	+6				
				+7					

- تتميز العناصر الانتقالية بتعدد حالات تأكسدها على عكس الفلزات الممثلة. علل؟

لأنه عند تأكسد العناصر الانتقالية تخرج الالكترونات المفقودة بالتتابع من المستوى الفرعي 4s ثم المستوى الفرعي القريب منه في الطاقة 3d.

- تزداد حالات التأكسد من عنصر السكانديوم حتى تصل إلى أقصى قيمة لها في عنصر المنجنيز (+7) الذي يقع في المجموعة السابعة (7B).



- تعطى جميع عناصر السلسلة الانتقالية الأولى حالة التأكسد (+2) وذلك بفقد الكتروني المستوى الفرعي 4s (ما عدا السكانديوم).

- أعلى عدد تأكسد لأي عنصر لا يتعدى رقم المجموعة التي ينتمي إليها ما عدا عناصر المجموعة IB وهي النحاس والفضة والذهب.

ملاحظـــات

- عنصر السكانديوم له حالة تأكسد وحيدة (Sc^{3+}). علل ؟
$[Ar]\ 4s^2, 3d^1$. لأنه يكون أكثر ثباتا عندما يفقد إلكتروني المستوى الفرعي s وإلكترون المستوى d.
- لا يكون عنصر السكانديوم مركبات، يكون عدد تأكسده فيها (+4). علل ؟
$[Ar]\ 4s^2, 3d^1$. لأن فقد الإلكترون الرابع سوف يتسبب في كسر مستوى طاقة مكتمل بالإلكترونات.
- في حالات التأكسد الأعلى تفقد الكترونات من المستوى الفرعي 3d.
- تتكرر حالة التأكسد (+2) في كل عناصر السلسلة الانتقالية الاولى عدا السكانديوم
- السكانديوم عنصر انتقالي له حالة تأكسد واحدة (+3)
- الخارصين عنصر غير انتقالي له حالة تأكسد واحدة (+2)
- تتعدد حالات التأكسد لبقية عناصر السلسلة الانتقالية الأولى
- لم تظهر حالة التأكسد (+7) الا في عنصر المنجنيز $_{25}Mn$
- لم تظهر حالة التأكسد (+1) الا في عنصر النحاس $_{29}Cu$
- يمكن فقط للعناصر من ($Sc \rightarrow Mn$) ان تفقد جميع الكترونات 4s,3d
لذلك يختلف الحديد عن العناصر التي تسبقه في السلسلة بأنه لا تظهر فيه حالة تأكسد تدل على خروج جميع الكترونات 4s.3d
- تزداد حالات التأكسد بزيادة العدد الذري من السكانديوم الى المنجنيز (طردية)
- ثم تقل حالات التأكسد بزيادة العدد الذري من الحديد الى الخارصين (عكسية)

العلاقة بين حالة التأكسد وإمكانية تواجد الأيون

- اذا كانت حالة التأكسد تؤدي الى تكوين المستوى الفرعي $3d^{10}$, $3d^5$, $3d^0$ فإنه يسهل التحول اليها

$$Mn^{3+} : [Ar]\ 3d^4 \xrightarrow{\text{يسهل التحول إلى}} Mn^{2+} : [Ar]\ 3d^5$$

$$Fe^{2+} : [Ar]\ 3d^6 \xrightarrow{\text{يسهل التحول إلى}} Fe^{3+} : [Ar]\ 3d^5$$

- اذا كانت حالة التأكسد تؤدي الى فقدان التركيب $3d^{10}$, $3d^5$, $3d^0$ فإنه يصعب التحول اليها.

$$Ti^{4+} : [Ar]\ 3d^0 \xrightarrow{\text{يصعب التحول إلى}} Ti^{3+} : [Ar]\ 3d^1$$

$$Mn^{2+} : [Ar]\ 3d^5 \xrightarrow{\text{يصعب التحول إلى}} Mn^{3+} : [Ar]\ 3d^4$$

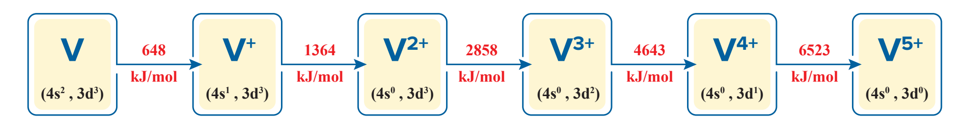
التفسير:

لأن الأيون يكون أكثر استقرارا عندما يصبح المستوى الفرعي d فارغا (d^0) أو نصف ممتلئ (d^5) أو تام الامتلاء (d^{10})

جهـد التأيـن

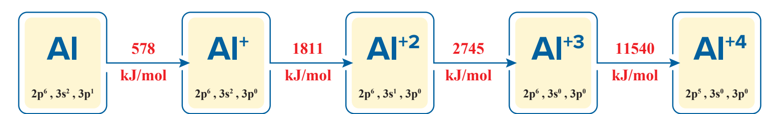
في العناصر الانتقالية:

- طاقـات (جهـود) التأيـن المتتاليـة لـذرة الفلـز الانتقالـي تـزداد بتـدرج واضـح حيـث تخـرج الإلكترونـات مـن المسـتوى الفرعـي 4s ثـم المسـتوى الفرعـي القريـب منـه فـي الطاقـة 3d بالتتابـع.



في الفلزات الممثلة (مثل الصوديوم والماغنيسيوم والألومنيوم):

- الزيـادة فـي جهد التأيـن الثاني فـي حالـة الصوديـوم والثالـث فـي حالـة الماغنيسـيوم والرابـع فـي حالـة الألومنيـوم كبيـرة جدًا وذلـك لأنـه يتسـبب فـي كسـر مسـتوى طاقـة مكتمـل لـذا فـلا يمكـن الحصـول علـى Na^{2+} أو Mg^{3+} أو Al^{4+} بالتفاعـل الكيميائـي العـادي.



العنصر الانتقالي

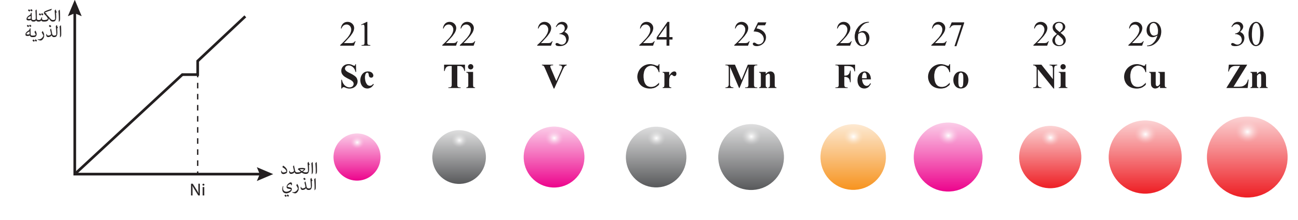
هـو العنصـر الـذي تكـون فيـه الأوربيتـالات d أو f مشـغولة ولكنهـا غيـر ممتلئـة سـواء فـي الحالـة الذريـة أو فـي حالـة مـن حـالات تأكسـده.

الكتلـة الذريـة

- بزيادة العدد الذري تزداد الكتلة الذرية وبالتالي تزداد الكثافة الذرية بالتدريج.
- يشذ عن ذلك النيكل. علل؟

بسبب وجود خمسة نظائر مستقرة للنيكل المتوسط الحسابي لها 58.7 u.

الكتلة الذرية ÷ الحجم الذري × الكثافة الذرية



نصف قطر الذرة

نصف القطر
العدد الذري

- أنصاف الأقطار الذرية لا تتغير كثيرًا عند انتقالنا عبر السلسلة الانتقالية الأولى.
- يلاحظ الثبات النسبي لنصف القطر من الكروم إلى النحاس.

19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn

- علل: التغير في انصاف أقطار العناصر الانتقالية لا يكون كبيرا؟

يرجع ذلك إلى عاملين متعاكسين:

١ العامل الأول (يعمل على نقص نصف قطر الذرة بزيادة العدد الذري):

لأنه بزيادة العدد الذري:

- تزداد شحنة النواة الفعالة
- فيزداد جذب النواة للإلكترونات
- فيتناقص نصف قطر الذرة.

٢ العامل الثاني (يعمل على زيادة نصف قطر الذرة بزيادة العدد الذري):

لأنه بزيادة العدد الذري:

- يزيد عدد إلكترونات المستوى الفرعي 3d
- فتزداد قوى التنافر بينها.

ونتيجــة لتأثير هذين العاملين المتعاكسين نلاحظ الثبات النسبي في أنصاف أقطار هذه العناصر..

- علل: استخدام العناصر الانتقالية في صناعة السبائك؟

بسبب الثبات النسبي في أنصاف أقطار هذه العناصر حيث يرجع ذلك إلى عاملين متعاكسين...

الخاصية الفلزية

- جميعهـا فلـزات صلبـة تمتـاز باللمعـان والبريـق وجـودة التوصيـل للحـرارة والكهربـاء.

لها درجات انصهار وغليان مرتفعة. علل؟.

لقوة الروابط الفلزية بين الذرات بسبب زيادة الإلكترونات المكونة لها حيث تساهم الكترونات 3d, 4s في هذا الترابط.

$2+$ e^-

- معظم الفلزات الانتقالية كثافتها عالية وتزداد بزيادة العدد الذري.

علل؟.

لأن الحجـم الـذري لهـذه العناصـر ثابـت تقريبًـا وبزيـادة العـدد الـذري تـزداد الكتلـة الذريـة وبالتالـي تـزداد الكثافـة.

الكتلة الذرية
÷
الكثافة الذرية ⊗ الحجم الذري

- علل: تباين النشاط الكيميائي لفلزات العناصر الانتقالية الكيميائي؟

النحاس: فلز محدود النشاط.

الحديد: متوسط النشاط فيصدأ عند تعرضه للهواء.

السكانديوم: شديد النشاط يحل محل هيدروجين الماء بنشاط شديد.

الخواص المغناطيسية

الخاصية البارامغناطيسية:

- **وجودها:** في الأيونات أو الذرات أو الجزيئات التي يكون فيها أوربيتالات تشغلها إلكترونات مفردة (↿).
- **السبب:** لأن غزل الالكترون المفرد حول محوره ينشأ عنه مجال مغناطيسي يتجاذب مع المجال المغناطيسي الخارجي.

المادة البارامغناطيسية

المادة التي تنجذب نحو المجال المغناطيسي نتيجة لاحتواء أوربيتالاتها على الكترونات مفردة.

- تتناسب قوى الجذب المغناطيسي في المواد البارامغناطيسية طرديا مع عدد الالكترونات المفردة.

(يزداد العزم المغناطيسي بزيادة عدد الإلكترونات المفردة).

- معظم مركبات العناصر الانتقالية مواد بارامغناطيسية. علل؟

لأن معظمها يحتوي على إلكترونات مفردة في المستوى الفرعي d والإلكترونات المفردة (↿) ينشأ عن غزلها مجال مغناطيسي يتجاذب مع المجال المغناطيسي الخارجي.

- علل: العزم المغناطيسي للمنجنيز $_{25}Mn$ أكبر من العزم المغناطيسي للكوبلت $_{27}Co$.

لأن عدد الإلكترونات المفردة في المنجنيز أكبر منها في الكوبلت، والعزم المغناطيسي يزداد بزيادة عدد الإلكترونات المفردة.

Mn: [Ar], $4s^2$, $3d^5$	d^5	↿	↿	↿	↿	↿
Co: [Ar], $4s^2$, $3d^7$	d^7	⥮	⥮	↿	↿	↿

الخاصية الديامغناطيسية:

- **وجودها:** في الأيونات أو الذرات أو الجزيئات التي يكون فيها أوربيتالات تشغلها إلكترونات مزدوجة (⥮) ولا تحتوي على إلكترونات مفردة (↿).
- **السبب:** وجود الالكترونات في جميع الأوربيتالات في حالة ازدواج (⥮) فيعمل كلّ الكترونين مزدوجين في اتجاهين متضادين فيكون عزمها المغناطيسي يساوي صفرًا.

المادة الديامغناطيسية

هي المادة التي تتنافر مع المجال المغناطيسي نتيجة لوجود جميع الكتروناتها في حالة ازدواج.

◂ علل: تعتبر مادة $FeCl_3$ بارامغناطيسية بينما مادة $ZnCl_2$ ديامغناطيسية.

$(FeCl_3)Fe^{3+}$: [Ar], $3d^5$. d^5 ↿ ↿ ↿ ↿ ↿

◂ بارا مغناطيسية لأن المستوى الفرعي d يحتوي على 5 إلكترونات مفردة.:

$(ZnCl_2)$ Zn^{2+}: [Ar], $3d^{10}$. d^{10} ⥮ ⥮ ⥮ ⥮ ⥮

◂ ديامغناطيسية لأن المستوى الفرعي d يحتوي تام الامتلاء ولا يحتوي على إلكترونات مفردة،

يمكن عن طريق قياس وتقدير العزوم المغناطيسية للمادة تحديد عدد الالكترونات المفردة ومن ثم تحديد التركيب الالكتروني لأيون الفلز.

الأيونات الملونة

◂ يتكون الضوء المرئي من مجموعة من الألوان تعطي في مجموعها اللون الأبيض وعند سقوط الضوء على المادة:

تمتص المادة جميع الألوان الساقطة عليها	تعكس المادة جميع الألوان الساقطة عليها	تمتص المادة بعض الألوان الساقطة عليها
لا تعكس أي لون وتظهر باللون الأسود	لا تمتص أي لون تظهر باللون الأبيض	تعكس الألوان المتبقية (الألوان المتممة) وتظهر باللون المتمم

العنصر الانتقالي يكون:

- **عديم اللون**: إذا كان المستوى الفرعي d ممتلئ أو فارغ (لا يحتوى على إلكترونات مفردة).
- **ملون**: إذا كان المستوى الفرعي d ممتلئ جزئيا (يحتوى على إلكترونات مفردة).

◂ ظهور معظم مركبات الكروم III باللون الأخضر. علل؟

لأنها تمتص اللون الأحمر من الضوء المرئي فيظهر الكروم باللون الأخضر المتمم له.

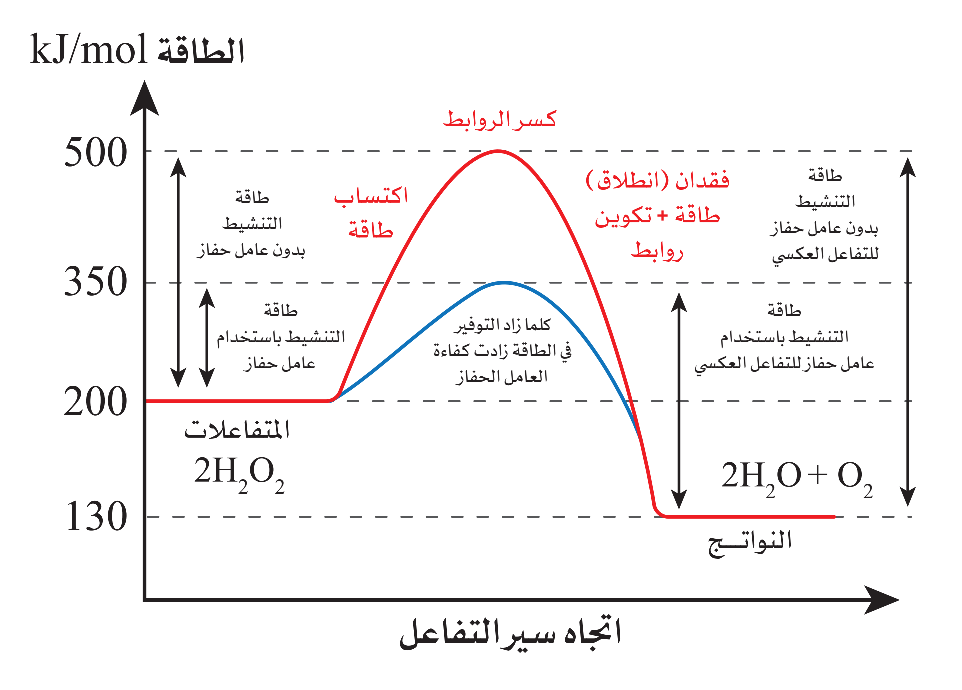
◂ الأيونات المتهدرتة لمعظم الفلزات الممثلة تكون غير ملونة.

علل؟

لأن الأوربيتالات (d) تكون غير موجودة أو تامة الامتلاء (عدم وجود إلكترونات مفردة) مما يؤدي إلى غياب اللون.



النشاط الحفزي



فكرة عمل العناصر الانتقالية كعوامل حفازة:

- استخدام الكترونات 4s, 3d في تكوين روابط بين الجزيئات المتفاعلة و ذرات سطح الفلز.
- تركيز هذه المتفاعلات على سطح الحافز.
- إضعاف الرابطة بين الجزيئات المتفاعلة مما يقلل طاقة التنشيط ويزيد من سرعة التفاعل.
- علل: تعتبر الفلزات الانتقالية عوامل حفز مثالية؟.

لأنها تستخدم الكترونات 4s, 3d في تكوين روابط...

أمثلة:.

- **النيكل المجزأ:** يستخدم في عمليات هدرجة الزيوت.
- **الحديد المجزأ:** يستخدم في تحضير غاز النشادر بطريقة هابر- بوش.

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \xrightarrow[Fe]{500\,°C/200\,atm} 2NH_{3(g)}$$

- خامس أكسيد الفاناديوم V_2O_5: يستخدم كعامل حفاز في تحضير حمض الكبريتيك بطريقة التلامس.

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \xrightarrow[450°C]{V_2O_5} 2SO_{3(g)}$$

$$SO_{3(g)} + H_2O_{(\ell)} \longrightarrow H_2SO_{4(aq)}$$

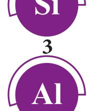
- ثاني أكسيد المنجنيز MnO_2: يستخدم في تفاعل انحلال فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 (تفاعل طارد للحرارة)

$$2H_2O_{2(l)} \xrightarrow{MnO_2} 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$$

الحديد

$^{56}_{26}Fe$ [Ar], $4s^2$, $3d^6$

- عصب الصناعات الثقيلة.
- ترتيب الحديد الرابع بين العناصر المعروفة (والثاني بين الفلزات) في القشرة الأرضية بعد عناصر الأكسجين والسيليكون والألومنيوم O, Si, Al, Fe.



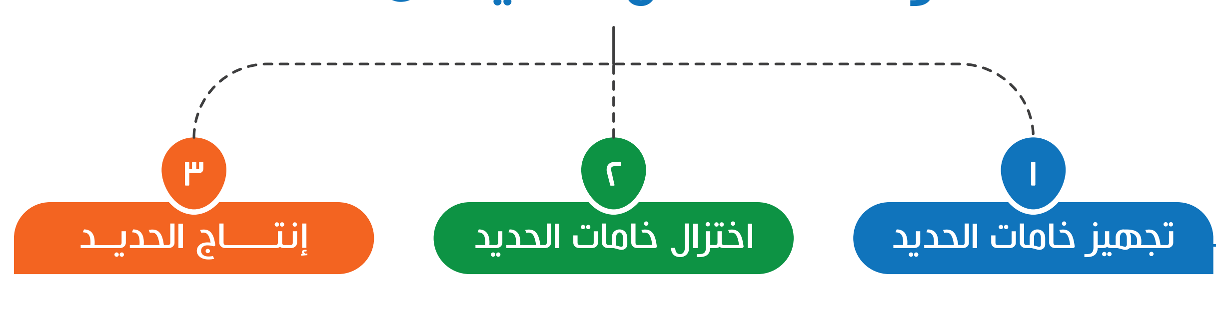

- يكون 5.1% من وزن القشرة الأرضية.
- تزداد كميته كلما اقتربنا من باطن الأرض.

وجود الحديد

- بشكل حر فقط في النيازك (90%).
- في القشرة الأرضية على هيئة خامات طبيعية (أكاسيد الحديد مختلطة بشوائب).
- تتحدد صلاحية خام الحديد للاستخلاص حسب:
  1. نسبة الحديد فيه.
  2. تركيب الشوائب المصاحبة له.
  3. وجود العناصر الضارة المختلطة معه مثل الكبريت والفوسفور والزرنيخ.

الخام	الاسم الكيميائي	الصيغة	الخواص	نسبة الحديد في الخام	أماكن وجوده في مصر
الهيماتيت	أكسيد الحديد (III)	Fe_2O_3	أحمر داكن سهل الاختزال	50-60%	الجزء الغربي لمدينة أسوان الواحات البحرية
الليمونيت	أكسيد الحديد (III) المتهدرت	$2Fe_2O_3.3H_2O$	أصفر سهل الاختزال	20-60%	الواحات البحرية
المجنتيت	أكسيد الحديد المغناطيسي	Fe_3O_4	أسود له خواص مغناطيسية	45-70%	الصحراء الشرقية
السيدريت	كربونات الحديد (II)	$FeCO_3$	رمادي مصفر سهل الاختزال	30-42%	-





تحسين الخواص الفيزيائية والميكانيكية للخامات

- علمية التكسير
- علمية التلبيد
- علمية التركيز

تحسين الخواص الكيميائية للخامات

استخلاص الحديد من خاماته

أولا: تجهيز خامات الحديد:

١- تحسين الخواص الفيزيائية والميكانيكية للخامات.

◂ **عمليات التكسير:**

تكسير أجزاء الخام الكبيرة إلى أجزاء صغيرة مناسبة لعملية الاختزال.

◂ **عمليات التلبيد:**

ربط وتجميع الحبيبات الناتجة من طحن وتكسير خام الحديد في أحجام أكبر تكون متماثلة ومتجانسة.

◂ **علل: أهمية عملية التلبيد؟**

لأن عمليات التكسير والطحن و تنظيف الأفران العالية ينتج عنها كميات هائلة من الخام الناعم الذي لا يمكن استخدامه في الأفران العالية مباشرة لذا تخضع هذه الحبيبات الدقيقة لمعالجة تسمى (التلبيد).

◂ **عمليات التركيز:** وهي عملية زيادة نسبة الحديد بفصل الشوائب والمواد غير المرغوب فيها عن الخامات والتي تكون متحدة معها كيميائيًا أو مختلطة بها وتتم باستخدام خاصية:

- التوتر السطحي
- الفصل المغناطيسي أو الكهربي

٢- تحسين الخواص الكيميائية:

التحميص

هو تسخين الخام بشدة في الهواء.

◂ **أهمية التحميص:** رفع نسبة الحديد في الخام عن طريق:

- التخلص من ثاني أكسيد الكربون:

$$FeCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} FeO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

$$2FeO_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} Fe_2O_{3(s)}$$

- تجفيف الخام والتخلص من الرطوبة:

$$2Fe_2O_3.3H_2O_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 2Fe_2O_{3(s)} + 3H_2O_{(v)}$$

- أكسدة بعض الشوائب مثل الكبريت والفسفور:

$$S_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} SO_{2(g)}$$

$$4P_{(s)} + 5O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2P_2O_{5(g)}$$

ثانيًا: اختزال خامات الحديد (اختزال أكاسيد الحديد – الهيماتيت - إلى حديد):

- بإحدى طريقتين تبعًا للعامل المختزل المستخدم.
  - الاختزال بغاز أول أكسيد الكربون
  - الناتج من فحم الكوك
  - تتم هذه العملية في الفرن العالي.

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} CO_{2(g)}$$

$$CO_{2(g)} + C_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 2CO_{(g)}$$

$$3CO_{(g)} + Fe_2O_{3(s)} \xrightarrow[>700^\circ C]{\Delta} 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$$

- الاختزال بخليط غازي أول أكسيد الكربون والهيدروجين (الغاز المائي).
- الناتجين من الغاز الطبيعي (نسبة غاز الميثان CH_4 فيه 93%).
- تتم هذه العملية في فرن مدركس.

$$2CH_{4(g)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(v)} \xrightarrow{\Delta} 3CO_{(g)} + 5H_{2(g)}$$

$$2Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \xrightarrow[>700^\circ C]{\Delta} 4Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)} + 3H_2O_{(v)}$$

ثالثًا: إنتاج الحديد:

- إنتاج الأنواع المختلفة من الحديد مثل الحديد الزهر أو الصلب.
- تعتمد صناعة الصلب على عمليتين أساسيتين هما:
  - التخلص من الشوائب الموجودة في الحديد الناتج من أفران الاختزال.
  - إضافة بعض العناصر إلى الحديد لتكسب الصلب الناتج الخواص المطلوبة للأغراض الصناعية.
- تتم صناعة الصلب باستخدام واحد من ثلاثة أنواع معروفة من الأفران هي:
  - المحولات الأكسجينية.
  - الفرن المفتوح.
  - الفرن الكهربائي.





السبيكة

هي ما يتكون عادة من فلزين أو أكثر أو فلز ولافلز

تحضير السبائك:

- صهر الفلزات مع بعضها وترك المنصهر ليبرد تدريجيًا، **مثال:** الحديد مع (الفاناديوم - الكروم - المنجنيز - النيكل).
- الترسيب الكهربي لفلزين أو أكثر في نفس الوقت، **مثل:** تغطية المقابض الحديدية بالنحاس الأصفر (نحاس + خارصين) ، وذلك بترسيبه كهربيًا من محلول يحتوي أيونات النحاس وأيونات الخارصين على هذه المقابض.

وجه المقارنة	السبائك البينية	السبائك الاستبدالية	سبائك المركبات البينفلزية
مكونات السبيكة	فلز كبير الذرات فلز صغير الذرات (أو لافلز)	فلزين لهما نفس القطر والشكل البللوري	فلزات لا تقع في مجموعة واحدة من الجدول الدوري
طبيعة الاتحاد	إضافة الفلز صغير الذرات إلى الفلز كبير الذرات (مخلوط وليس مركب)	استبدال فلز ليحل محله الفلز الآخر (مخلوط وليس مركب)	تفاعل كيميائي (مركب كيميائي جديد)
أمثلة	• زيادة الصلابة • تغيير بعض الخواص الفيزيائية مثل: الطرق والسحب الانصهار، والتوصيل الكهربي الخواص المغناطيسية **مثال:** • الحديد الصلب (حديد + كربون)	• سبيكة الحديد والكروم في الصلب الذي لا يصدأ (حديد + كربون + كروم) يكون الكروم طبقة من الأكسيد تحمي السبيكة من التفاعل مع الهواء وبالتالي من الصدأ • سبيكة الذهب والنحاس • سبيكة النحاس الأصفر $(Cu + Zn)$ • سبيكة الحديد والنيكل	• سبيكتي الألومنيوم-النيكل $(Al + Ni)$ • الألومنيوم-النحاس، $(Al + Cu)$ • والمعروفتين باسم الديورألومين (الألومنيوم هو المكون الرئيسي في سبيكة الديورألومين) • سبيكة الرصاص-الذهب (Au_2Pb) • السيمنتيت (Fe_3C) (كربيد الحديد)

◂ الحديد النقي أقل صلابة من سبيكة الحديد والكربون (سبيكة بينية) .. علل؟

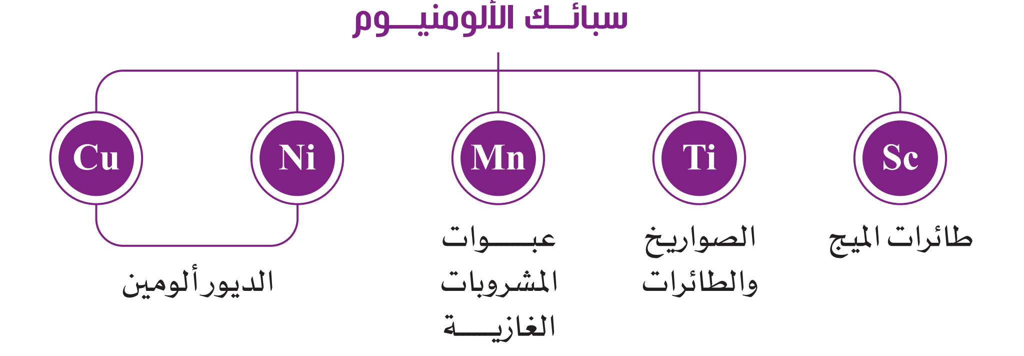
الحديد النقي: يتكون من شبكة بلورية من ذرات الفلز مرصوصة رصا محكما بينها مسافات بينية وعند الطرق يمكن أنّ تتحرك طبقات الفلز فوق بعضها.

◂ **سبيكة الحديد والكربون:** عند إدخال عنصرآخر حجم ذراته أقل من حجم ذرات الفلز النقي في المسافات البينية للشبكة البللورية للفلز الأصلي، فإنّ ذلك يعوق انزلاق الطبقات وهو ما يزيد من صلابة الفلز بالإضافة إلى تأثر بعض خواصه الفيزيائية الأخرى مثل: قابلية الطرق والسحب ودرجات الانصهار والتوصيل الكهربي والخواص المغناطيسية.

◂ **النسبة بين أنصاف الأقطار:**

- تساوي الواحد الصحيح تقريبًا في السبائك الاستبدالية.
- لا تساوي الواحد الصحيح في السبائك البينية والبينفلزية.

سبائك الألومنيوم

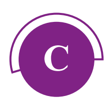


◂ **للتمييز بين سبيكتي الحديد الصلب $(Fe + C)$ والنحاس الأصفر $(Zn + Cu)$:**

نضيف حمض مخفف لكل منهما $(dil\ HCl, dil\ H_2SO_4)$:

- يذوب الحديد ويترسب الكربون في الحديد الصلب (راسب أسود)
- يذوب الخارصين ويترسب النحاس في النحاس الأصفر (راسب أحمر)



◂ **للتمييز بين سبيكة $(Fe + Zn)$ وسبيكة $(Zn + Cu)$:**

نضيف حمض مخفف لكل منهما $(dil\ HCl, dil\ H_2SO_4)$:

- تذوب السبيكة الأولى $(Fe + Zn)$ بالكامل.
- يذوب الخارصين فقط ويترسب النحاس في السبيكة الثانية $(Zn + Cu)$

خواص الحديد

الخواص الفيزيائية:

- ليس للحديد النقي أي أهمية صناعية. علل؟

لأنه لين نسبيا ليس شديد الصلابة.

- يسهل تشكيله، قابل للسحب والطرق
- له خواص مغناطيسية.
- ينصهر عند $1538\ ^oC$.
- كثافته $7.87 g/cm^3$.

ألوان أيونات الحديد في المحاليل	
$Fe^{3+}: 3d^5$	$Fe^{2+}: 3d^6$
أصفر	أخضر فاتح

الخواص الكيميائية:

- بخلاف العناصر التي قبله في السلسلة الانتقالية الأولى لا يعطي الحديد حالة تأكسد تدل على خروج جميع الكترونات المستويين الفرعيين (4s, 3d) وهي ثمان الكترونات.
- جميع حالات التأكسد الأعلى من (+3) ليست ذا أهمية.
- له حالة تأكسد (+2) تقابل خروج الكتروني المستوى الفرعي (4s) وحالة تأكسد (+3) تقابل ($3d^5$) نصف ممتلئ (حالة ثبات).
- **تأثير الهواء:** يتفاعل الحديد الساخن لدرجة الاحمرار مع الهواء أو الأكسجين ليعطي أكسيد حديد مغناطيسي.

$$3Fe_{(s)} + 2O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} Fe_3O_{4(s)}$$

- **فعل بخار الماء:** يتفاعل الحديد الساخن لدرجة الاحمرار (500^oC) مع بخار الماء ليعطي أكسيد حديد مغناطيسي وهيدروجين.

$$3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(v)} \xrightarrow{500^oC} Fe_3O_{4(s)} + 4H_{2(g)}$$

- **مع اللافلزات:**
  - يتفاعل مع الكلور ويعطي كلوريد حديد (III)
  - يتحد مع الكبريت مكوناً كبريتيد حديد (II) (لأن الكبريت عامل مختزل ضعيف).

$$2Fe_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2FeCl_{3(s)}$$

$$Fe_{(s)} + S_{(s)} \xrightarrow{\Delta} FeS_{(s)}$$

مع الأحماض:

- في الأحماض المعدنية المخففة: يذوب ليعطي أملاح حديد (II) ولا يتكون أملاح الحديد (III) علل؟

لأن الهيدروجين الناتج يختزلها ويمنع تكون أملاح الحديد III.

$$Fe_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{dil.} FeSO_{4(aq)} + H_{2(g)}$$

$$Fe_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \xrightarrow{dil.} FeCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

- مع حمض الكبريتيك المركز الساخن:

$$3Fe_{(s)} + 8H_2SO_{(l)} \xrightarrow{Conc./\Delta} FeSO_{4(aq)} + Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + 4SO_{2(g)} + 8H_2O_{(v)}$$

- يعطي كبريتات حديد (II) وكبريتات حديد (III) وغاز ثاني أكسيد الكبريت وماء.
  - يسبب حمض النيتريك المركز خمولا ظاهريا للحديد. علل؟

    لتكون طبقة رقيقة غير مسامية من الأكسيد على سطح الفلز تحميه من استمرار التفاعل (تتكون طبقة الخمول من أحد أكاسيد الحديد)
  - يمكن إزالة هذه الطبقة بالحك أو باستخدام حمض الهيدروكلوريك المخفف.

التفاعل مع الحديد	HNO_3 (conc)	HNO_3 (dil) , H_2SO_4 (conc - dil) , HCl (conc - dil)
	لا يتفاعل	يتفاعل

أكاسيد الحديد جميع أكاسيد الحديد لا تذوب في الماء

أكسيد الحديد (II) FeO:

تحضيره:

١ بتسخين أوكسالات الحديد (II): بمعزل عن الهواء.

$$\begin{matrix} COO \\ | \\ COO \end{matrix} > Fe_{(s)} \xrightarrow[\text{بمعزل عن الهواء}]{\Delta} FeO_{(s)} + CO_{(g)} + CO_{2(g)}$$

- علل: ينتج من هذا التفاعل أكسيد حديد ثنائي؟

لأن أول أكسيد الكربون الناتج يعمل كعامل مختزل.

٢ باختزال الأكاسيد الأعلى بالهيدروجين أو أول أكسيد الكربون.

$$Fe_2O_{3(S)} + H_{2(g)} \xrightarrow{400 - 700\,°C} 2FeO_{(s)} + H_2O_{(v)}$$

$$Fe_3O_{4(S)} + H_{2(g)} \xrightarrow{400-700\,^\circ C} 3FeO_{(s)} + H_2O_{(v)}$$

خواصه:

١ مسحوق أسود لا يذوب في الماء.

٢ يتأكسد بسهولة في الهواء الساخن.

$$4FeO_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2Fe_2O_{3(s)}$$

٣ يتفاعل مع الأحماض المعدنية المخففة منتجا أملاح الحديد (II) والماء.

$$FeO_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{dil.} FeSO_{4\,(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

أكسيد الحديد (III) Fe_2O_3:

تحضيره:

١ عند تسخين هيدروكسيد الحديد (III) (بني محمر). درجة أعلى من 200 °C يتحول إلى أكسيد حديد (III).

$$FeCl_{3(aq)} + 3NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow 3NH_4Cl_{(aq)} + Fe(OH)_{3(s)}$$

$$2Fe(OH)_{3(s)} \xrightarrow{\text{More than } 200\,^\circ C} Fe_2O_{3(s)} + 3H_2O_{(v)}$$

٢ عند تسخين كبريتات الحديد (II) ينتج أكسيد الحديد (III).

$$2FeSO_{4(s)} \xrightarrow{\Delta} Fe_2O_{3(s)} + SO_{2(g)} + SO_{3(g)}$$

٣ غير قابل للأكسدة.

وجوده:

- يوجد في الطبيعة في خام الهيماتيت.

خواصه:

١ لا يذوب في الماء.

٢ يستخدم كلون أحمر في الدهانات.

٣ يتفاعل مع الأحماض المعدنية المركزة الساخنة فقط معطيا أملاح الحديد (III) والماء.

$$Fe_2O_{3(s)} + 3H_2SO_{4(l)} \xrightarrow{\Delta / conc} Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + 3H_2O_{(v)}$$

الأكسيد الأسود (أكسيد الحديد المغناطيسي) Fe_3O_4:

تحضيره:

١ من الحديد المسخن لدرجة الاحمرار بفعل الهواء أو بخار الماء.

$$3Fe_{(s)} + 2O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} Fe_3O_{4(s)}$$

$$3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(v)} \xrightarrow{500^{\circ}C} Fe_3O_{4(s)} + 4H_{2(g)}$$

٢ باختزال أكسيد الحديد (III).

$$3Fe_2O_{3(s)} + CO_{(g)} \xrightarrow{230-300\,^{\circ}C} 2Fe_3O_{4(s)} + CO_{2(g)}$$

وجوده:

- يوجد في الطبيعة ويعرف بالمجنيتيت، وهو أكسيد مختلط من أكسيدي حديد (II) وحديد (III).

خواصه:

١ مغناطيس قوي.

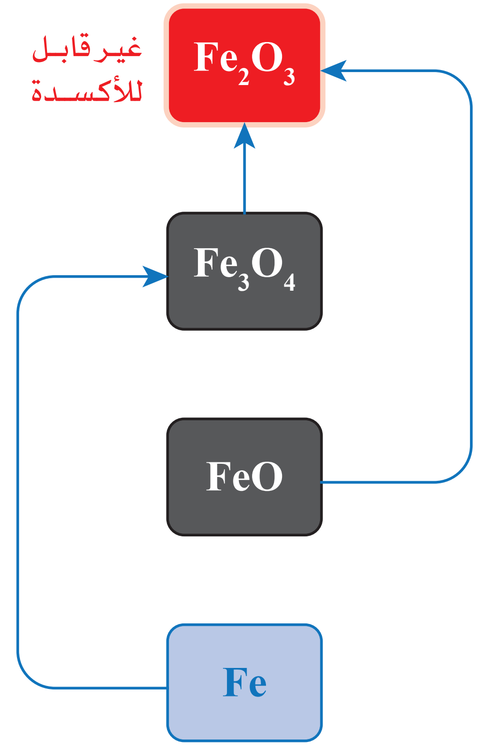
٢ يتفاعل مع الأحماض المركزة الساخنة معطيا أملاح حديد (II) وحديد (III) مما يدل على أنه أكسيد مركب.

$$Fe_3O_{4(s)} + 4H_2SO_{4(l)} \xrightarrow{Conc./\Delta} FeSO_{4(aq)} + Fe_2(SO)_{3(aq)} + 4H_2O_{(v)}$$

٣ يتأكسد إلى أكسيد الحديد (III) عند تسخينه في الهواء.

$$2Fe_3O_{4(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 3Fe_2O_{3(s)}$$

ملخص معادلات الحديـــــــــــد



$$\overset{0}{3Fe_{(s)}} + 2O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} \overset{2+,\ 3+}{Fe_3O_{4(s)}}$$

عامل مختزل (Fe) — عامل مؤكسد (O_2)

$$2FeO_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} \overset{3+}{Fe_2O_{3(s)}}$$

عامل مختزل (FeO)

$$2Fe_3O_{4(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} \overset{3+}{3Fe_2O_{3(s)}}$$

عامل مختزل (Fe_3O_4)

$$\overset{0}{3Fe_{(s)}} + 4H_2O_{(v)} \xrightarrow{500\,°C} \overset{2+,\ 3+}{Fe_3O_{4(s)}} + 4H_{2(g)}$$

عامل مختزل (Fe)

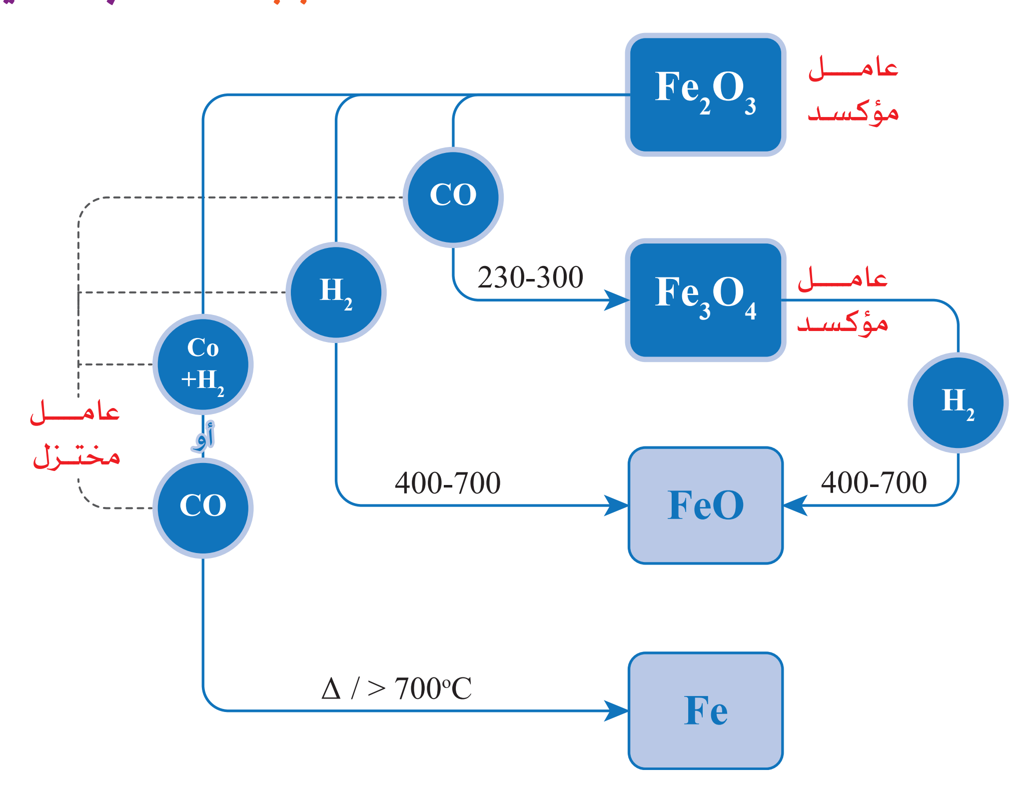
الأكسدة تتم بواسطة O_2:

$$\overset{0}{S_{(s)}} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} \overset{4+}{SO_{2(g)}}$$

عامل مختزل (S)

$$4P_{(s)} + 5O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} \overset{5+}{2P_2O_{5(g)}}$$

عامل مختزل (P)



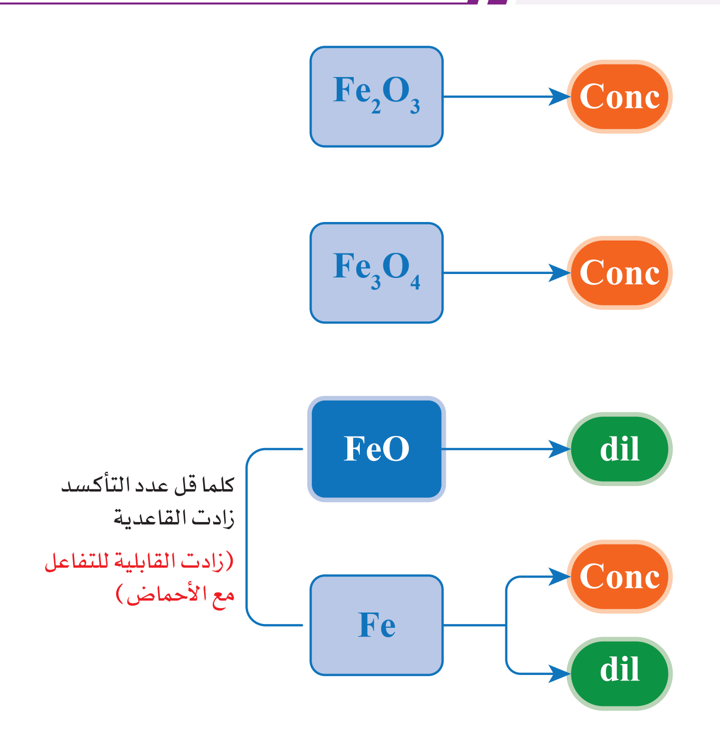
$$3Fe_2O_{3(s)} + CO_{(g)} \xrightarrow{230-300\,°C} 2Fe_3O_{4(s)} + CO_{2(g)}$$

$$Fe_2O_{3(S)} + H_{2(g)} \xrightarrow{400-700\,°C} 2FeO_{(s)} + H_2O_{(v)}$$

$$Fe_3O_{4(S)} + H_{2(g)} \xrightarrow{400-700\,°C} 3FeO_{(s)} + H_2O_{(v)}$$

$$3CO_{(g)} + Fe_2O_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$$

$$2Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 4Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)} + 3H_2O_{(v)}$$



$$\overset{3+}{Fe_2O_{3(s)}} + 3H_2SO_{4(l)} \xrightarrow{Conc./\Delta} \overset{3+}{Fe_2(SO_4)_{3(aq)}} + 3H_2O_{(v)}$$

$$\overset{2+,\,3+}{Fe_3O_{4(s)}} + 4H_2SO_{4(l)} \xrightarrow{Conc./\Delta} \overset{2+}{FeSO_{4(aq)}} + \overset{3+}{Fe_2(SO)_{3(aq)}} + 4H_2O_{(v)}$$

نوعين من أملاح الحديد

$$\overset{2+}{FeO_{(s)}} + H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{dil.} \overset{2+}{FeSO_{4(aq)}} + H_2O_{(\ell)}$$

لم يحدث أكسدة واختزال في هذه التفاعلات

$$\overset{0}{3Fe_{(s)}} + 8H_2SO_{4(l)} \xrightarrow{Conc./\Delta} \overset{2+}{FeSO_{4(aq)}} + \overset{3+}{Fe_2(SO_4)_{3(aq)}} + 4SO_{2(g)} + 8H_2O_{(v)}$$

يحول ($K_2Cr_2O_7$) المحمضة من البرتقالي للأخضر

$$\overset{0}{Fe_{(s)}} + H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{dil.} \overset{2+}{FeSO_{4(aq)}} + H_{2(g)}$$

عامل مختزل لذلك يتكون (Fe^{2+})

$$\overset{0}{Fe_{(s)}} + 2HCl_{(aq)} \xrightarrow{dil.} \overset{2+}{FeCl_{2(aq)}} + H_{2(g)}$$

$$Fe_{(s)} + HCl_{(aq)} \xrightarrow{\text{أكسدة}} FeCl_{3(aq)} \xrightarrow[\text{اختزال}]{H_2} FeCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

يتكون (Fe^{3+}) أولًا

$$Fe + 2HCl_{(l)} \xrightarrow{conc} FeCl_2 + H_2$$

$$FeO + 2HCl_{(l)} \xrightarrow{conc} FeCl_2 + H_2O$$

$$Fe_3O_4 + 8HCl_{(l)} \xrightarrow{conc} FeCl_2 + 2FeCl_3 + 4H_2O$$

يعطي (Fe_3O_4) مع (HCl) المركز أملاح الحديد (II) و (II)

ملاحظـــات

- يمكن التمييز بين الحمض المخفف والمركز باستخدام الحديد: يعطي الحمض المركز مع الحديد غاز (SO_2) الذي يحول $(K_2Cr_2O_7)$ المحمضة من البرتقالي للأخضر.
- يمكن التمييز بين (Fe , FeO) و (Fe_2O_3 , Fe_3O_4) باستخدام الحمض المخفف: حيث يتفاعل مع كل من Fe و FeO ولا يتفاعل مع Fe2O3 و Fe3O4.
- يمكن التمييز بين (Fe) وكل من (Fe_2O_3 , Fe_3O_4) باستخدام الحمض المركز: حيث يعطي الحمض المركز مع الحديد غاز (SO_2) الذي يحول $(K_2Cr_2O_7)$ المحمضة من البرتقالي للأخضر.
- يمكن التمييز بين (Fe , FeO) باستخدام الحمض المخفف: حيث يتصاعد مع الحديد غاز (H_2) الذي يشتعل بفرقعة.
- يمكن استخدام الحديد للتمييز بين:

	$c.HNO_3$	$c.H_2SO_4$	$dil.H_2SO_4$
Fe	لا يتفاعل.	يتصاعد غاز (SO_2) الذي يحول $(K_2Cr_2O_7)$ المحمضة من البرتقالي للأخضر.	يتصاعد مع الحديد غاز (H_2) الذي يشتعل بفرقعة.

- جميع معادلات الأحماض عبارة عن ذوبان.

الانحلال الحراري:

$$\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + Fe \longrightarrow \begin{matrix} COO \\ | \\ COO \end{matrix} Fe + H_2$$

حمض أكساليك (حمض عضوي)

$$\begin{matrix} COO \\ | \\ COO \end{matrix} Fe_{(s)} \xrightarrow[\text{بمعزل عن الهواء}]{\Delta} FeO_{(s)} + CO_{(g)} + CO_{2(g)}$$

3 أكاسيد (1 صلب + 2 غاز)

تقل الكتلة

أكسالات الحديد (C_2O_4Fe) (ملح عضوي)

$$FeCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} FeO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

تقل الكتلة

في حالة وجود الهواء: يتحول (FeO) إلى (Fe_2O_3) في الحالتين

$$\overset{2+\ 6+}{2FeSO_{4(s)}} \xrightarrow{\Delta} \overset{3+}{Fe_2O_{3(s)}} + \overset{4+}{SO_{2(g)}} + \overset{6+}{SO_{3(g)}}$$

يحول $(K_2Cr_2O_7)$ المحمضة من البرتقالي للأخضر

3 أكاسيد (1 صلب + 2 غاز)

اختزال جزئي

أكسدة

يحدث للمركب أكسدة واختزال ذاتي

$$\overset{3+}{2Fe_2O_3.3H_2O_{(s)}} \xrightarrow{\Delta} \overset{3+}{2Fe_2O_{3(s)}} + 3H_2O_{(v)}$$

تقل الكتلة

$$\overset{3+}{2Fe(OH)_{3(s)}} \xrightarrow{\text{More than } 200\,°C} \overset{3+}{Fe_2O_{3(s)}} + 3H_2O_{(v)}$$

تقل الكتلة

مع اللافلزات (تفاعلات اتحاد مباشر + أكسدة واختزال):

$$\overset{0}{2Fe_{(s)}} + \overset{0}{3Cl_{2(g)}} \xrightarrow{\Delta} \overset{3+\ -1}{2FeCl_{3(s)}}$$

عامل مختزل

عامل مؤكسد قوي

$$\overset{0}{Fe_{(s)}} + \overset{0}{S_{(g)}} \xrightarrow{\Delta} \overset{2+\ 2-}{FeS_{(s)}}$$

عامل مختزل

عامل مؤكسد قوي

تحضير العوامل المختزلة:

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} CO_{2(g)}$$

$$CO_{2(g)} + C_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 2CO_{(g)}$$

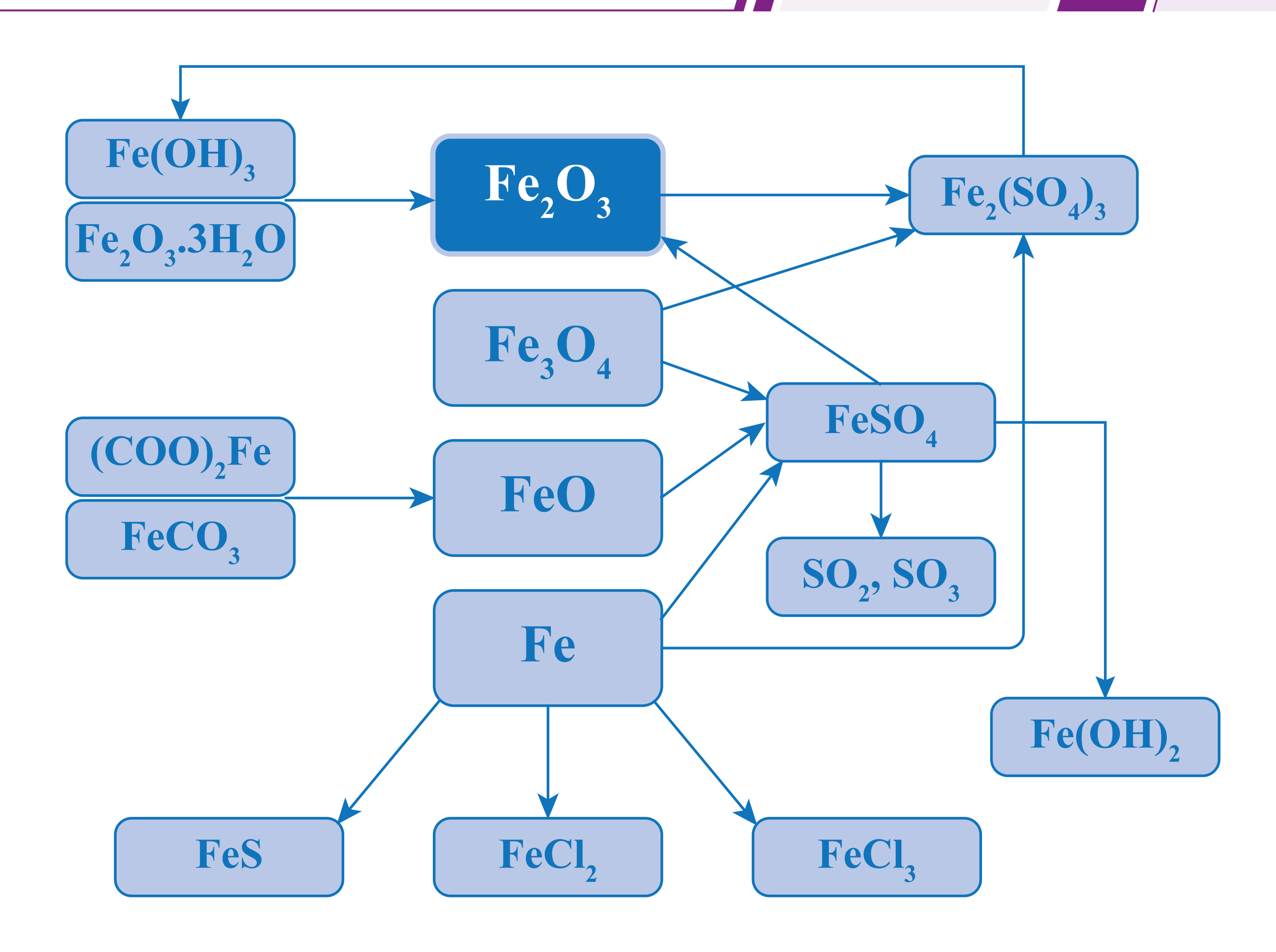
عامل مختزل (CO)

$$3CO_{(g)} + Fe_2O_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} 2Fe + 3CO_{2(g)}$$ معادلة الفرن العالي

$$2CH_{4(g)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(v)} \xrightarrow{\Delta} 3CO_{(g)} + 5H_{2(g)}$$

الغاز المائي (عامل مختزل)

$$2Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 4Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)} + 3H_2O_{(v)}$$ معادلة فرن مدركس



$$FeSO_{4(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \longrightarrow Fe(OH)_{2(s)}\downarrow + Na_2SO_{4(aq)}$$

$$FeCl_{2(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \longrightarrow Fe(OH)_{2(s)}\downarrow + 2NaCl_{(aq)}$$

$$Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + 6NaOH_{(aq)} = 2Fe(OH)_{3(s)} + 3Na_2SO_{4\ (aq)}$$

$$FeCl_{3(aq)} + 3NaOH_{(aq)} = Fe(OH)_{3(s)} + 3NaCl_{(aq)}$$

يمكن استبدال NaOH بـ NH_4OH , KOH

تأثيـــر التسخيـــن علـــى الكتلـــة

تقـــل ------------------------ $FeCO_3 \longrightarrow FeO + CO_2$

تـــزداد ------------------------ $2FeO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow Fe_2O_3$

للمقارنة: نضرب المعادلة الأولى (2*)

تقـــل ------------------------ $2FeCO_3 \longrightarrow 2FeO + 2CO_2$

تـــزداد ------------------------ $2FeO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow Fe_2O_3$

تقـــل ------------------------ $2FeCO_3 \longrightarrow Fe_2O_3$

تـــزداد ------------------------ $3Fe + 2O_2 \longrightarrow Fe_3O_4$

تقـــل ---- $(COO)_2Fe_{(s)} \xrightarrow[\text{بمعزل عن الهواء}]{\Delta} FeO_{(s)} + CO_{(g)} + CO_{2(g)}$

تـــزداد ------------------------ $2F_3O_4 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow 3Fe_2O_3$

الباب 2 الثانى



التحليل الكيميائى

التحليــــل الكيميــــائي

التحليـل الكيميائـي أحـد فـروع علـم الكيميـاء التـي تسـاهم بـدور كبيـر فـي :

- تقدم علم الكيمياء.
- تطوير مجالات العلوم المختلفة، كما يتضح مما يلي:

١ دور التحليل الكيميائي في مجال الطب

- تقدير كميات المكونات الفعالة في الدواء.
- تقديـر نسـب السـكر والـزلال والبولينـا والكوليسـترول فـي الـدم والبـول، ممـا يسـهل مـن مهمـة الطبيـب فـي التشـخيص والعـلاج.



تحليل فوري لسكر الجلوكوز في الدم

٢ دور التحليل الكيميائي في مجال الزراعة

- معرفـة خـواص التربـة مـن حيـث الحموضـة والقاعديـة ونـوع ونسـب العناصـر الموجـودة بهـا وبالتالـي إمكانيـة تحسـين خواصها ومعالجتها بالأسـمدة المناسـبة، لضمان جـودة المحاصيـل.



جهاز قياس PH الرقمي المستخدم فى قياس حموضة أو قاعدية التربة

٣ دور التحليل الكيميائي في مجال الصناعة

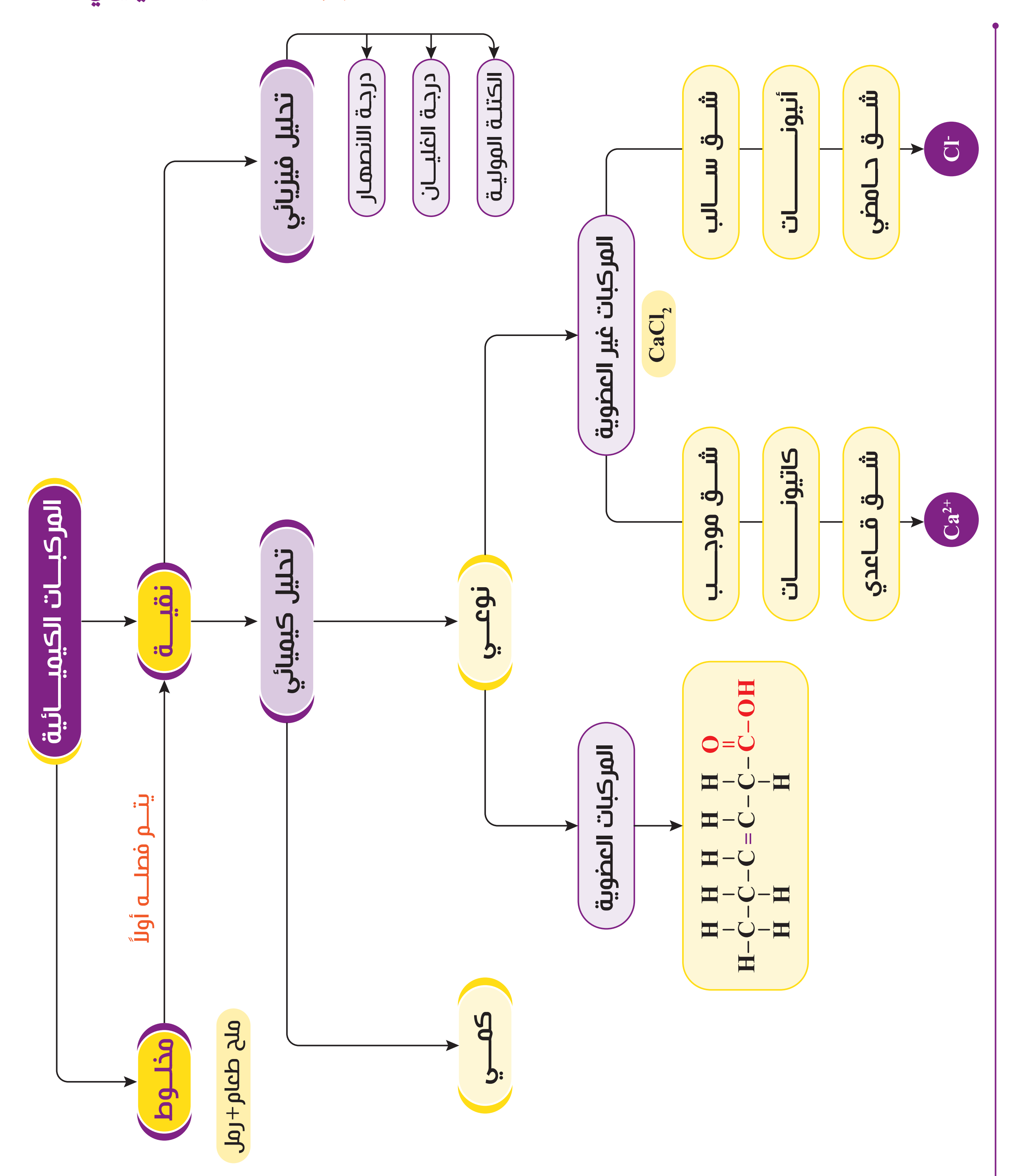
- تحديـد مـدى مطابقـة الخامـات والمنتجـات الصناعيـة للمواصفـات القياسـية.



جهاز قياس PH الرقمي تظهر على شاشته قيمة PH للمطر الحامضي

٤ دور التحليل الكيميائي في مجال البيئة

- معرفـة وقيـاس محتـوى الميـاه والأغذيـة مـن الملوثـات البيئيـة الضـارة.
- معرفـة وقيـاس نسـب غـازات أول أكسـيد الكربـون (CO) وثانـي أكسـيد الكبريـت (SO_2) وأكاسـيد النيتروجيـن فـي الهـواء الجـوي.



التحليل الوصفي (الكيفي أو النوعي): التعرف على المكونات المجهولة للمواد سواء كانت :

- مادة نقية (عنصر أو ملح بسيط)
- مخلوط من عدة مواد

التحليل الكمي: تقدير نسبة كل مكون من المكونات الأساسية للمادة.

تركيب الأملاح

$Na^+ \, OH^- + H_2^+ \, SO_4^{2-} \longrightarrow Na_2^+ \, SO_4^{2-} + H_2O$

قاعدة — حمض — شق قاعدى موجب (كاتيون) — شق حامضى سالب (أنيون)

حمض: $H_2^+ \, SO_4^{2-}$

ملح الحمض: $Na_2^+ \, SO_4^{2-}$

$Na^+ \, OH^- + H^+ \, Cl^- \longrightarrow Na^+ \, Cl^- + H_2O$

قاعدة — حمض — شق قاعدى موجب (كاتيون) — شق حامضى سالب (أنيون)

حمض: $H^+ \, Cl^-$

ملح الحمض: $Na^+ \, Cl^-$

استنتاج الحمض من صيغة الملح

حمض: $H_2^+ \, CO_3^{2-}$

ملح الحمض: $Na_2^+ \, CO_3^{2-}$

حمض: $H_2^+ \, SO_4^{2-}$

ملح الحمض: $Na_2^+ \, SO_4^{2-}$

حمض: $H^+ \, NO_2^-$

ملح الحمض: $Na^+ \, NO_2^-$

حمض: $H^+ \, Cl^-$

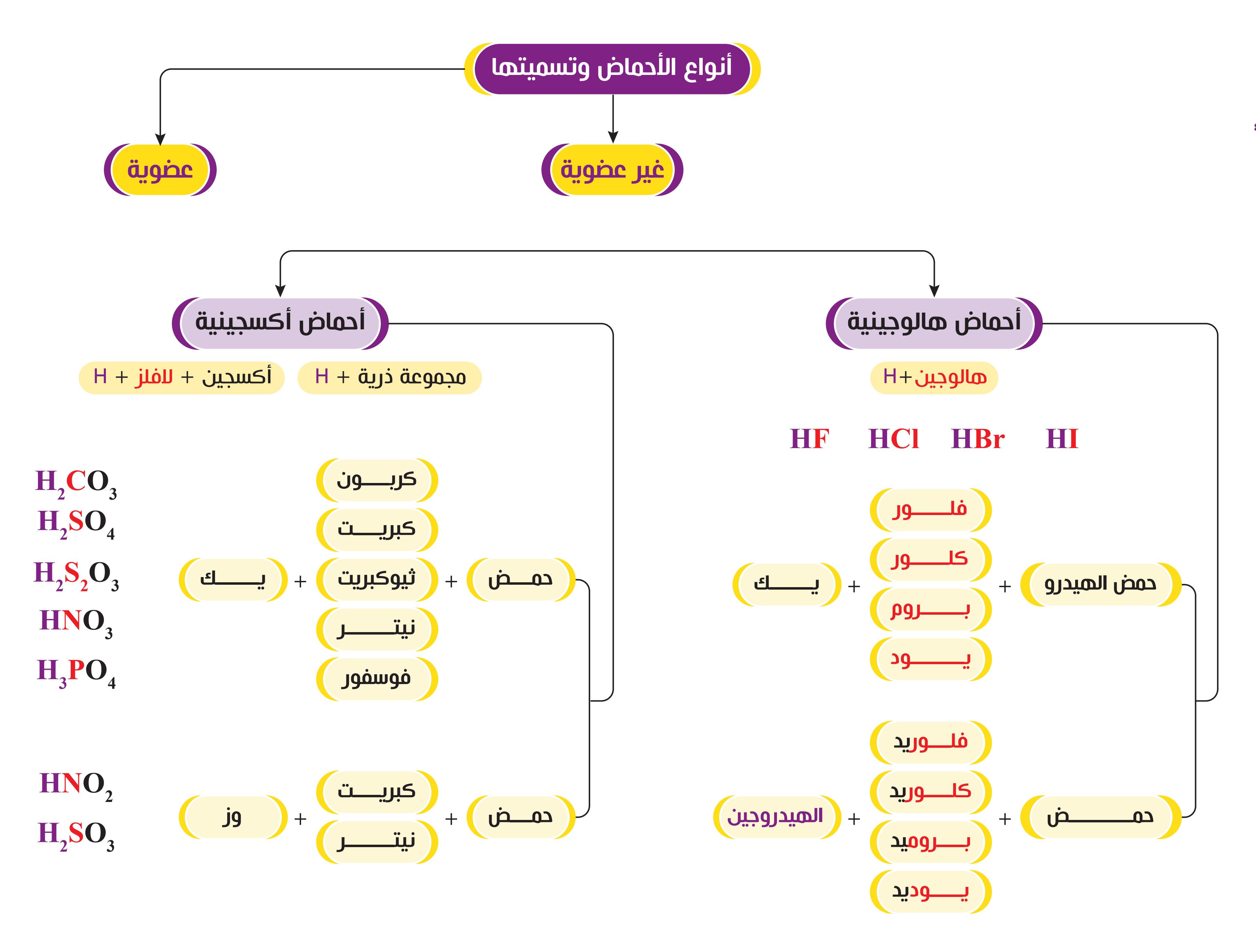
ملح الحمض: $Na^+ \, Cl^-$

حمض: $H_3^+ \, PO_4^{3-}$

ملح الحمض: $Na_3^+ \, PO_4^{3-}$

حمض: $H_2^+ \, SO_3^{2-}$

ملح الحمض: $Na_2^+ \, SO_3^{2-}$


أنواع الأحماض وتسميتها
غير عضوية
عضوية
أحماض هالوجينية
هالوجين+H
أحماض أكسجينية
مجموعة ذرية + H
أكسجين + لافلز + H
HF HCl HBr HI
حمض الهيدرو
فلـــور
كلـــور
بـــروم
يـــود
يـــك
حمـــض
فلـــوريد
كلـــوريد
بـــروميد
يـــوديد
الهيدروجين
حمـض
كربـــون
كبريـــت
ثيوكبريت
نيتـــر
فوسفور
يـــك
H2CO3
H2SO4
H2S2O3
HNO3
H3PO4
حمـض
كبريـــت
نيتـــر
وز
HNO2
H2SO3

الأحمــــــاض

- ضعيفة الثبات
- متوسطة الثبات
- عاليــة الثبات
- ضعيفة
- قويــة

الأحمـــــــاض ضعيفــــــة الثبــــــات

الحمض	HNO_2	H_2S	$H_2S_2O_3$	H_2SO_3	H_2CO_3	
الأنيون	NO_2^-	S^{2-}	$S_2O_3^{2-}$	SO_3^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}
نواتج الانحلال والتطاير	$HNO_3 + H_2O + NO$	غاز يتطاير	$H_2O + SO_2 + S$	$H_2O + SO_2$	$H_2O + CO_2$	

الأحمـــــــاض متوسطــــــة الثبــــــات

الحمض		HNO_3	HI	HBr	HCl
الأنيون		NO_3^-	I^-	Br^-	Cl^-

الأحمـــــــاض عاليــــــة الثبــــــات

الحمض				H_3PO_4	H_2SO_4
الأنيون				PO_4^{3-}	SO_4^{2-}



قواعد الذوبانية فى الماء

الخماسي المرح

Na^{+} — HCO_3^{-}

K^{+} — NO_3^{-}

NH_4^{+}

الثنائى الكئيب

Ag^{+} — CO_3^{2-}

باستثناء الخماسى المرح

الكبريتات

جميعها تذوب فى الماء عدا:

Pb^{2+} — Ba^{2+} — Ca^{2+}

تذوب الكربونات والقواعد فى الأحماض:

$MgCO_3$ — $CaCO_3$ — $Fe(OH)_3$ — $Fe(OH)_2$ — $Al(OH)_3$

١ الأنيونات (الأيونات السالبة)

$BaCl_2$	C. H_2SO_4	Dil. HCl
SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-
PO_4^{3-}	Br^-	CO_3^{2-}
	I^-	SO_3^{2-}
	NO_3^-	$S_2O_3^{2-}$
		S^{2-}
		NO_2^-

٢ الكاتيونات (الأيونات الموجبة)

$(NH_4)_2CO_3$	NH_4OH	H_2S + Dil. HCl	Dil. HCl
Ca^{2+}	Fe^{2+}	Cu^{2+}	Hg^+
	Fe^{3+}		Ag^+
	Al^{3+}		Pb^{2+}

1

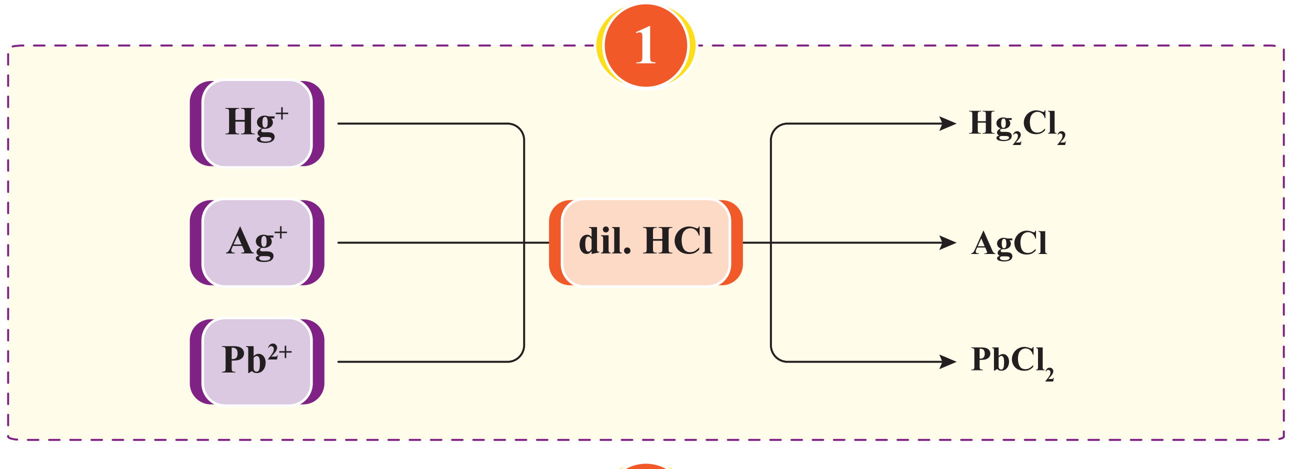
التجربة التأكيدية	الأنيون	Dil. HCl
$MgCO_3 \xleftarrow{\Delta} Mg(HCO_3)_2 \xleftarrow{MgSO_4}$ راسب أبيض بعد التسخين	HCO_3^-	$\rightarrow CO_2 \xrightarrow{Ca(OH)_2} CaCO_3$ راسب أبيض
راسب أبيض على البارد $MgCO_3 \xleftarrow{MgSO_4}$	CO_3^{2-}	$\rightarrow CO_2 \xrightarrow{Ca(OH)_2} CaCO_3$ راسب أبيض
راسب أبيض يسود بالتسخين $Ag_2SO_3 \xleftarrow{AgNO_3}$	SO_3^{2-}	$\rightarrow SO_2 \xrightarrow[H_2SO_4]{K_2Cr_2O_7} Cr_2(SO_4)_3$ محلول أخضر
راسب أسود $Ag_2S \xleftarrow{AgNO_3}$	S^{2-}	$\rightarrow H_2S \xrightarrow{(CH_3COO)_2Pb} PbS$ راسب أسود
يزول اللون البنى $\xleftarrow[\text{محلول بنى}]{I_2}$	$S_2O_3^{2-}$	$\rightarrow S$ راسب أصفر $\rightarrow SO_2 \xrightarrow[H_2SO_4]{K_2Cr_2O_7} Cr_2(SO_4)_3$ محلول أخضر
يزول اللون البنفسجى $\xleftarrow[H_2SO_4]{KMnO_4}$	NO_2^-	$\rightarrow HNO_2 \rightarrow NO \xrightarrow{O_2} NO_2$ غاز بنى محمر

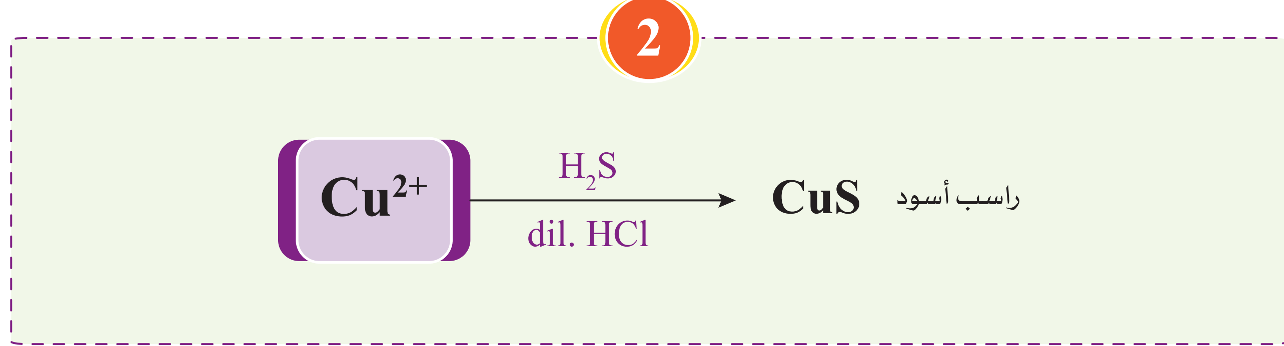
2

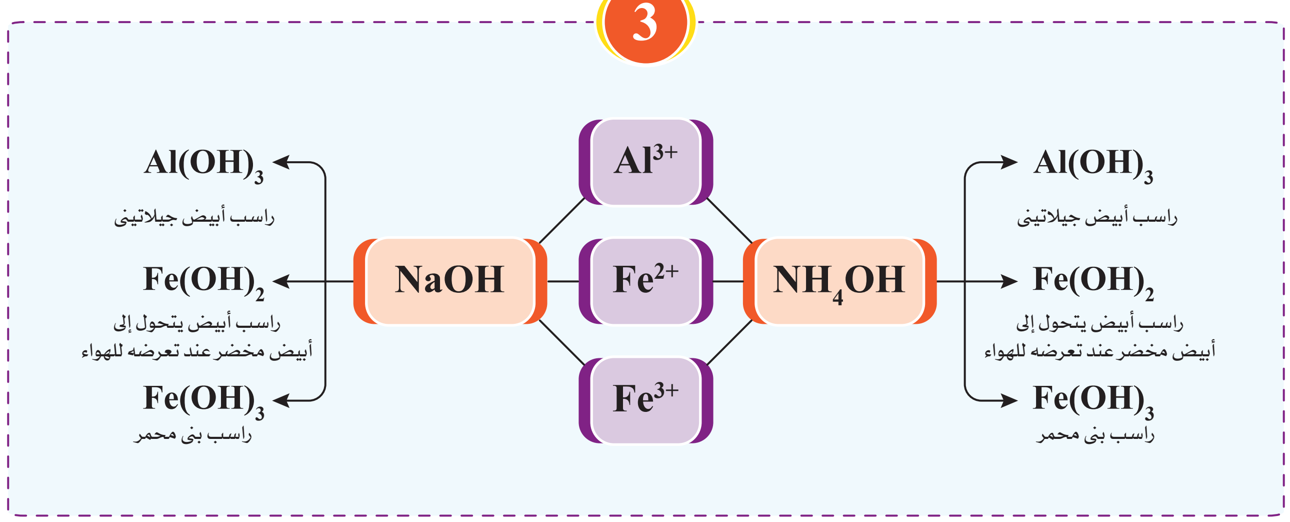
التجربة التأكيدية	الأنيون	$C.\ H_2SO_4$
راسب أبيض يذوب فى محلول النشادر $AgCl \xleftarrow{AgNO_3}$	Cl^-	$\rightarrow HCl \xrightarrow{NH_4OH} NH_4Cl$ سحب بيضاء
راسب أبيض مصفر يذوب ببطء فى محلول النشادر $AgBr \xleftarrow{AgNO_3}$	Br^-	$\rightarrow HBr \xrightarrow{C.H_2SO_4} Br_2$ أبخرة برتقالية حمراء
راسب أصفر لا يذوب فى محلول النشادر $AgI \xleftarrow{AgNO_3}$	I^-	$\rightarrow HI \xrightarrow{C.H_2SO_4} I_2$ أبخرة بنفسجية
حلقة بنية $FeSO_4.NO \xleftarrow[C.H_2SO_4]{FeSO_4}$	NO_3^-	$\rightarrow HNO_3 \xrightarrow{\Delta} NO_2$ غاز بنى محمر

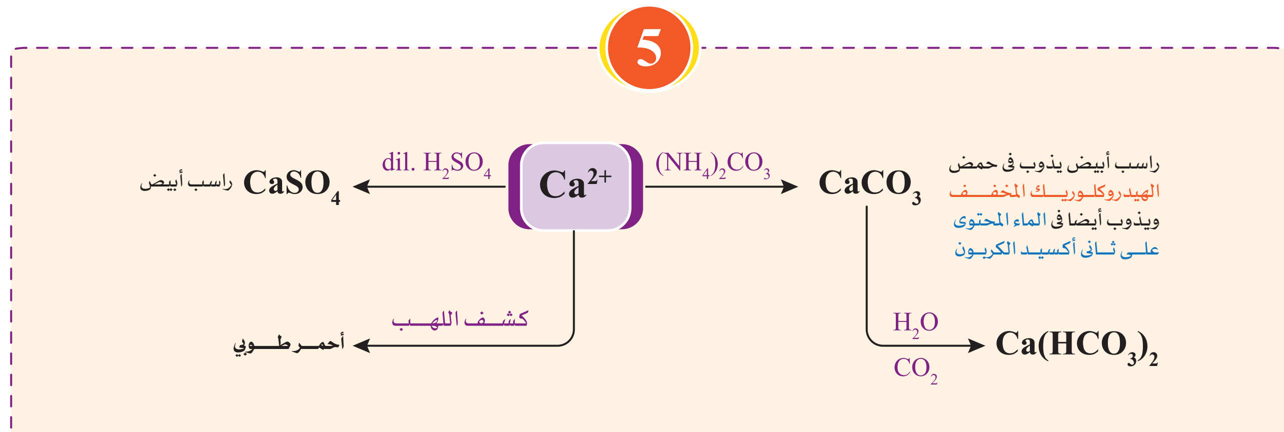
3

التجربة التأكيدية	الأنيون	$BaCl_2$
راسب أبيض $PbSO_4 \xleftarrow{(CH_3COO)_2Pb}$	SO_4^{2-}	$\rightarrow BaSO_4$ راسب أبيض لا يذوب فى HCl
راسب أصفر يذوب فى محلول النشادر وحمض النيتريك $Ag_3PO_4 \xleftarrow{AgNO_3}$	PO_4^{3-}	$\rightarrow Ba_3(PO_4)_2$ راسب أبيض يذوب فى HCl


1
Hg^+
Ag^+
Pb^{2+}
dil. HCl
Hg_2Cl_2
AgCl
$PbCl_2$


2
Cu^{2+}
H_2S
dil. HCl
CuS
راسب أسود


3
Al^{3+}
Fe^{2+}
Fe^{3+}
NaOH
NH_4OH
$Al(OH)_3$
راسب أبيض جيلاتينى
$Fe(OH)_2$
راسب أبيض يتحول إلى
أبيض مخضر عند تعرضه للهواء
$Fe(OH)_3$
راسب بنى محمر
$Al(OH)_3$
راسب أبيض جيلاتينى
$Fe(OH)_2$
راسب أبيض يتحول إلى
أبيض مخضر عند تعرضه للهواء
$Fe(OH)_3$
راسب بنى محمر


5
Ca^{2+}
dil. H_2SO_4
$CaSO_4$
راسب أبيض
$(NH_4)_2CO_3$
$CaCO_3$
راسب أبيض يذوب فى حمض
الهيدروكلوريك المخفف
ويذوب أيضا فى الماء المحتوى
على ثانى أكسيد الكربون
H_2O
CO_2
$Ca(HCO_3)_2$
كشف اللهب
أحمر طوبي

معادلات الباب الثانى (مجمعة)

1 $Na_2CO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} + CO_{2(g)}\uparrow$

كربونات الصوديوم — حمض الهيدروكلوريك — كلوريد الصوديوم — ماء — ثانى أكسيد الكربون

2 $CO_{2(g)} + Ca(OH)_{2(aq)} \xrightarrow{S.T} CaCO_{3(s)}\downarrow + H_2O_{(\ell)}$

ثانى أكسيد الكربون — هيدروكسيد الكالسيوم — كربونات الكالسيوم — ماء

3 $Na_2CO_{3(aq)} + MgSO_{4(aq)} \longrightarrow MgCO_{3(s)}\downarrow + Na_2SO_{4(aq)}$

كربونات الصوديوم — كبريتات الماغنيسيوم — كربونات الماغنيسيوم — كبريتات الصوديوم

4 $MgCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow MgCl_{2(aq)} + H_2O_{(\ell)} + CO_{2(g)}\uparrow$

كربونات الماغنيسيوم — حمض الهيدروكلوريك — كلوريد الماغنيسيوم — ماء — ثانى أكسيد الكربون

5 $NaHCO_{3(s)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} + CO_{2(g)}\uparrow$

بيكربونات الصوديوم — حمض الهيدروكلوريك — كلوريد الصوديوم — ماء — ثانى أكسيد الكربون

6 $2NaHCO_{3(aq)} + MgSO_{4(aq)} \longrightarrow Mg(HCO_3)_{2(aq)} + Na_2SO_{4(aq)}$

بيكربونات الصوديوم — كبريتات الماغنيسيوم — بيكربونات الماغنيسيوم — كبريتات الصوديوم

7 $Mg(HCO_3)_{2(aq)} \xrightarrow{\Delta} MgCO_{3(s)}\downarrow + H_2O_{(\ell)} + CO_{2(g)}\uparrow$

بيكربونات الماغنيسيوم — كربونات الماغنيسيوم — ماء — ثانى أكسيد الكربون

8 $Na_2SO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} + SO_{2(g)}\uparrow$

كبريتيت الصوديوم — حمض الهيدروكلوريك — كلوريد الصوديوم — ماء — ثانى أكسيد الكبريت

9 $K_2Cr_2O_{7(aq)} + H_2SO_{4(aq)} + 3SO_{2(g)} \longrightarrow K_2SO_{4(aq)} + Cr_2(SO_4)_{3(aq)} + H_2O_{(\ell)}$

ثانى كرومات البوتاسيوم — حمض الكبريتيك — ثانى أكسيد الكبريت — كبريتات البوتاسيوم — كبريتات الكروم III — ماء

10 $Na_2SO_{3(aq)} + 2AgNO_{3(aq)} \longrightarrow Ag_2SO_{3(s)}\downarrow + 2NaNO_{3(aq)}$

كبريتيت الصوديوم — نترات الفضة — كبريتيت الفضة — نترات الصوديوم

11 $Na_2S_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2S_{(g)}\uparrow$

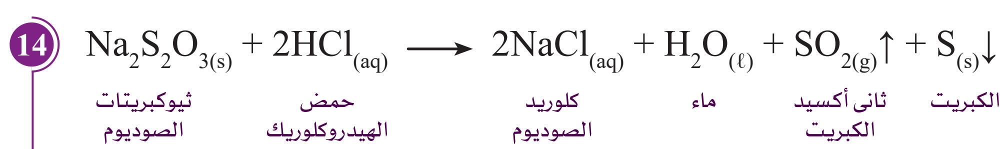
كبريتيد الصوديوم — حمض الهيدروكلوريك — كلوريد الصوديوم — كبريتيد الهيدروجين

12 $(CH_3COO)_2Pb_{(aq)} + H_2S_{(g)} \longrightarrow 2CH_3COOH_{(aq)} + PbS_{(s)}\downarrow$

أسيتات الرصاص — كبريتيد الهيدروجين — حمض الأسيتيك — كبريتيد الرصاص

13 $Na_2S_{(aq)} + 2AgNO_{3(aq)} \longrightarrow Ag_2S_{(s)}\downarrow + 2NaNO_{3(aq)}$

كبريتيد الصوديوم — نترات الفضة — كبريتيد الفضة — نترات الصوديوم



14 $$Na_2S_2O_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} + SO_{2(g)}\uparrow + S_{(s)}\downarrow$$

ثيوكبريتات الصوديوم — حمض الهيدروكلوريك — كلوريد الصوديوم — ماء — ثانى أكسيد الكبريت — الكبريت

15 $$2Na_2S_2O_{3(aq)} + I_{2(aq)} \longrightarrow 2NaI_{(aq)} + Na_2S_4O_{6(aq)}$$

ثيوكبريتات الصوديوم — اليود — يوديد الصوديوم — رباعى ثيونات الصوديوم

16 $$NaNO_{2(s)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + HNO_{2(aq)}$$

نيتريت الصوديوم — حمض الهيدروكلوريك — كلوريد الصوديوم — حمض النيتروز

17 $$3HNO_{2(aq)} \longrightarrow HNO_{3(aq)} + H_2O_{(\ell)} + 2NO_{(g)}\uparrow$$

حمض النيتروز — حمض النيتريك — ماء — أكسيد النيتريك

18 $$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{2(g)}\uparrow$$

أكسيد النيتريك — أكسجين — ثانى أكسيد النيتروجين

19 $$5NaNO_{2(aq)} + 2KMnO_{4(aq)} + 3H_2SO4_{(aq)} \longrightarrow 5NaNO_{3(aq)} + K_2SO_{4(aq)} + 2MnSO_{4(aq)} + 3H_2O_{(\ell)}$$

نيتريت الصوديوم — برمنجنات البوتاسيوم — حمض الكبريتيك — نترات الصوديوم — كبريتات البوتاسيوم — كبريتات المنجنيز II — ماء

20 $$2NaCl_{(s)} + H_2SO_{4(\ell)} \xrightarrow{\Delta\ /\ Conc.} 2HCl_{(g)} + Na_2SO_{4(aq)}$$

كلوريد الصوديوم — حمض الكبريتيك — حمض الهيدروكلوريك — كبريتات الصوديوم

21 $$NH_{3(g)} + HCl_{(g)} \longrightarrow NH_4Cl_{(s)}$$

النشادر (الأمونيا) — كلوريد الهيدروجين — كلوريد الأمونيوم

22 $$NaCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow AgCl_{(s)} + NaNO_{3(aq)}$$

كلوريد الصوديوم — نترات الفضة — كلوريد الفضة — نترات الصوديوم

23 $$2NaBr_{(s)} + H_2SO4_{(\ell)} \xrightarrow{\Delta\ /\ Conc.} 2HBr_{(g)} + Na_2SO_{4(aq)}$$

بروميد الصوديوم — حمض الكبريتيك — بروميد الهيدروجين — كبريتات الصوديوم

24 $$2HBr_{(g)} + H_2SO_{4(\ell)} \xrightarrow{Conc.} 2H_2O_{(\ell)} + SO_{2(g)} + Br_{2(v)}$$

بروميد الهيدروجين — حمض الكبريتيك — ماء — ثانى أكسيد الكبريت — أبخرة البروم

25 $$NaBr_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow AgBr_{(s)} + NaNO_{3(aq)}$$

بروميد الصوديوم — نترات الفضة — بروميد الفضة — نترات الصوديوم

26 $2NaI_{(s)} + H_2SO_{4(\ell)} \xrightarrow{\Delta / Conc.} 2HI_{(g)} + Na_2SO_{4(aq)}$

يوديد الصوديوم — حمض الكبريتيك — يوديد الهيدروجين — كبريتات الصوديوم

27 $2HI_{(g)} + H_2SO_{4(\ell)} \xrightarrow{Conc.} 2H_2O_{(\ell)} + SO_{2(g)} + I_{2(v)}$

يوديد الهيدروجين — حمض الكبريتيك — ماء — ثانى أكسيد الكبريت — أبخرة اليود

28 $NaI_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow AgI_{(s)} + NaNO_{3(aq)}$

يوديد الصوديوم — نترات الفضة — يوديد الفضة — نترات الصوديوم

29 $2NaNO_{3(s)} + H_2SO_{4(\ell)} \xrightarrow{\Delta / Conc.} Na_2SO_{4(aq)} + 2HNO_{3(\ell)}$

نترات الصوديوم — حمض الكبريتيك — كبريتات الصوديوم — حمض النيتريك

30 $4HNO_{3(\ell)} \xrightarrow{\Delta} 2H_2O_{(\ell)} + 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$

حمض النيتريك — ماء — ثانى أكسيد النيتروجين — الأكسجين

31 $4HNO_{3(\ell)} + Cu_{(s)} \xrightarrow{\Delta / Conc.} Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2H_2O_{(\ell)} + 2NO_{2(g)}$

حمض النيتريك — النحاس — نترات النحاس II — ماء — ثانى أكسيد النيتروجين

32 $2NaNO_{3(aq)} + 6FeSO_{4(aq)} + 4H_2SO_{4(\ell)} \xrightarrow{Conc.} 3Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + Na_2SO_{4(aq)} + 4H_2O_{(\ell)} + 2NO_{(g)}$

نترات الصوديوم — كبريتات الحديد II — حمض الكبريتيك — كبريتات الحديد III — كبريتات الصوديوم — ماء — أكسيد النيتريك

33 $FeSO_{4(aq)} + NO_{(g)} \longrightarrow FeSO_4.NO_{(s)}$

كبريتات الحديد II — أكسيد النيتريك — مركب الحلقة البنية

34 $2Na_3PO_{4(aq)} + 3BaCl_{2(aq)} \longrightarrow Ba_3(PO_4)_{2(s)}\downarrow + 6NaCl_{(aq)}$

فوسفات الصوديوم — كلوريد الباريوم — فوسفات الباريوم — كلوريد الصوديوم

35 $Na_3PO_{4(aq)} + 3AgNO_{3(aq)} \longrightarrow Ag_3PO_{4(s)}\downarrow + 3NaNO_{3(aq)}$

فوسفات الصوديوم — نترات الفضة — فوسفات الفضة — نترات الصوديوم

36 $Na_2SO_{4(aq)} + BaCl_{2(aq)} \longrightarrow BaSO_{4(s)}\downarrow + 2NaCl_{(aq)}$

كبريتات الصوديوم — كلوريد الباريوم — كبريتات الباريوم — كلوريد الصوديوم

37 $Na_2SO_{4(aq)} + (CH_3COO)_2Pb_{(aq)} \longrightarrow PbSO_{4(s)}\downarrow + 2CH_3COONa_{(aq)}$

كبريتات الصوديوم — أسيتات الرصاص — كبريتات الرصاص — أسيتات الصوديوم

38 $CuSO_{4(aq)} + H_2S_{(g)} \longrightarrow H_2SO_{4(aq)} + CuS_{(s)}\downarrow$

كبريتات النحاس — كبريتيد الهيدروجين — حمض الكبريتيك — كبريتيد النحاس

39 $Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 6NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow 2Al(OH)_{3(s)}\downarrow + 3(NH_4)_2SO_{4(aq)}$

كبريتات الألومنيوم | هيدروكسيد الأمونيوم | هيدروكسيد الألومنيوم | كبريتات الأمونيوم

40 $Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 6NaOH_{(aq)} \longrightarrow 2Al(OH)_{3(s)}\downarrow + 3Na_2SO_{4(aq)}$

كبريتات الألومنيوم | هيدروكسيد الصوديوم | هيدروكسيد الألومنيوم | كبريتات الصوديوم

41 $Al(OH)_{3(s)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaAlO_{2(aq)} + 2H_2O_{(\ell)}$

هيدروكسيد الألومنيوم | هيدروكسيد الصوديوم | ميتا ألومينات الصوديوم | مـاء

42 $FeSO_{4(aq)} + 2NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow Fe(OH)_{2(s)}\downarrow + (NH_4)_2SO_{4(aq)}$

كبريتات الحديد II | هيدروكسيد الأمونيوم | هيدروكسيد الحديد II | كبريتات الأمونيوم

43 $FeSO_{4(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \longrightarrow Fe(OH)_{2(s)}\downarrow + Na_2SO_{4(aq)}$

كبريتات الحديد II | هيدروكسيد الصوديوم | هيدروكسيد الحديد II | كبريتات الصوديوم

44 $FeCl_{3(aq)} + 3NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow Fe(OH)_{3(s)}\downarrow + 3NH_4Cl_{(aq)}$

كلوريد الحديد III | هيدروكسيد الأمونيوم | هيدروكسيد الحديد III | كلوريد الأمونيوم

45 $FeCl_{3(aq)} + 3NaOH_{(aq)} \longrightarrow Fe(OH)_{3(s)}\downarrow + 3NaCl_{(aq)}$

كلوريد الحديد III | هيدروكسيد الصوديوم | هيدروكسيد الحديد III | كلوريد الصوديوم

46 $CaCl_{2(aq)} + (NH_4)_2CO_{3(aq)} \longrightarrow CaCO_{3(s)}\downarrow + 2NH_4Cl_{(aq)}$

كلوريد الكالسيوم | كربونات الأمونيوم | كربونات الكالسيوم | كلوريد الأمونيوم

47 $CaCO_{3(s)} + H_2O_{(\ell)} + CO_{2(g)} \longrightarrow Ca(HCO_3)_{2(aq)}$

كربونات الكالسيوم | ماء | ثانى أكسيد الكربون | بيكربونات الكالسيوم

48 $CaCl_{2(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow CaSO_{4(s)}\downarrow + 2HCl_{(aq)}$

كلوريد الكالسيوم | حمض الكبريتيك | كبريتات الكالسيوم | حمض هيدروكلوريك

تتفكك هذه الأحماض إذا ظهرت فى النواتج كالتالى:

1 $H_2CO_3 = H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$

2 $H_2SO_3 = H_2O_{(l)} + SO_{2(g)}$

3 $H_2S_2O_3 = H_2O_{(l)} + SO_{2(g)} + S_{(s)}$

الكشف عن الأنيونات (الشق الحامضي) للأملاح

مجموعة أنيونات حمض الهيدروكلوريك المخفف

التجربة الأساسية : الملح الصلب + حمض الهيدروكلوريك المخفف

الأنيون	CO_3^{2-}	HCO_3^-	SO_3^{2-}	$S_2O_3^{2-}$	S^{2-}	NO_2^-
	كربونات	بيكربونات	كبريتيت	ثيوكبريتات	كبريتيد	نيتريت
الغاز المميز	CO_2		SO_2		H_2S	NO ثم NO_2

◂ ما هو الأساس العلمي للكشف عن أنيونات الكربونات والبيكربونات والكبريتيت والثيوكبريتات و الكبريتيد والنيتريت ؟

الحمض القوي يطرد الأحماض الضعيفة من أملاحها على هيئة غاز، يمكن التعرف عليه بالكاشف المناسب

- الحمض الأكثر ثباتا : حمض الهيدروكلوريك المخفف **dil. HCl**
- الأحماض الأقل ثباتا : الكربونيك والكبريتوز والثيوكبريتيك والهيدروكبريتيك والنيتروز

(أكثر ثباتاً أي : أعلى في درجة الغليان – أصعب في التفكك والانحلال – أقل تطايراً)

$$Na_2CO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

$$Na_2S_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2S_{(g)}$$

◂ يفضل التسخين الهين عند الكشف عن الأنيونات. علل؟

لأنه يساعد على طرد الغازات المتصاعدة

◂ يستخدم حمض الهيدروكلوريك ككاشف لأنيون النيتريت ولا يستخدم ككاشف لأنيون الكبريتات. علل؟

لأن حمض الهيدروكلوريك أكثر ثباتاً من حمض النيتروز المكون لأنيون النيتريت وأقل ثباتاً من حمض الكبريتيك المكون لأنيون الكبريتات

أولاً التجارب الأساسية لمجموعة أنيونات حمض الهيدروكلوريك المخفف (على الملح الصلب)

١ أيون الكربونات CO_3^{2-}

الأساس العلمي للكشف: يقوم الحمض الأكثر ثباتًا (dil HCl) بطرد الحمض الأقل ثباتًا (H_2CO_3) من أملاحه

نواتج التجربة الأساسية: (الملح الصلب + حمض الهيدروكلوريك المخفف)

- يحدث فوران ويتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يعكر ماء الجير الرائق.

$$Na_2CO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + \underbrace{H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}}_{H_2CO_3}$$

$$CO_{2(g)} + Ca(OH)_{2(aq)} \xrightarrow{S.T} CaCO_{3(s)}\downarrow + H_2O_{(l)}$$

يمرر الغاز لفترة قصيرة. علل ؟

حتى لا تتحول كربونات الكالسيوم (غيرذائبة) إلى بيكربونات الكالسيوم (ذائبة) فيختفي الراسب.

$$CaCO_{3(s)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} \longrightarrow Ca(HCO_3)_{2(aq)}$$

٢ أيون البيكربونات HCO_3^-

الأساس العلمي للكشف: يقوم الحمض الأكثر ثباتًا (dil HCl) بطرد الحمض الأقل ثباتًا (H_2CO_3) من أملاحه

نواتج التجربة الأساسية: نفس نتائج الكربونات (الملح الصلب + حمض الهيدروكلوريك المخفف)

علل : لا يصلح HCl للتمييز بين الكربونات والبيكربونات

$$NaHCO_{3(s)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

لأن كلاهما (الكربونات والبيكربونات) يعطى نفس النواتج عند تفاعله مع dil HCl

٣ أيون الكبريتيت SO_3^{2-}

الأساس العلمي للكشف: يقوم الحمض الأكثر ثباتًا (dil HCl) بطرد الحمض الأقل ثباتًا (H_2SO_3) من أملاحه

نواتج التجربة الأساسية: غاز SO_2 ذو رائحة نفاذة.

$$Na_2SO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + \underbrace{H_2O_{(l)} + SO_{2(g)}}_{H_2SO_3}$$

يحـول الغـاز ورقـة مبللـة بمحلـول ثانـي كرومـات البوتاسـيوم المحمضـة بحمـض الكبريتيـك المركـز مـن البرتقالـي إلـى الأخضـر.

محلول أخضر

$$K_2Cr_2O_{7(aq)} + H_2SO_{4(aq)} + 3SO_{2(g)} \longrightarrow K_2SO_{4(aq)} + Cr_2(SO_4)_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$$

محلول برتقالى (كبريتات + ماء)

٤ أيون الكبريتيد S^{2-}

- **الأساس العلمي للكشف:** يقوم الحمض الأكثر ثباتًا ($dil\ HCl$) بطرد الحمض الأقل ثباتًا (H_2S) من أملاحه
- **نواتج التجربة الأساسية:** يتصاعد غاز كبريتيد الهيدروجين ذي الرائحة الكريهة (تعرف فيزيائى)

$$Na_2S_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2S_{(g)}$$

- **والذي يسود** ورقة مبللة بمحلول أسيتات الرصاص (II) (تعرف كيميائى)

$$(CH_3COO)_2Pb_{(aq)} + H_2S_{(g)} \longrightarrow 2CH_3COOH_{(aq)} + PbS_{(s)}\downarrow$$

٥ أيون الثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$

- **الأساس العلمي للكشف:** يقوم الحمض الأكثر ثباتًا ($dil\ HCl$) بطرد الحمض الأقل ثباتًا ($H_2S_2O_3$) من أملاحه
- **نواتج التجربة الأساسية:** يتصاعد غاز ثاني أكسيد الكبريت ويظهر راسب أصفر نتيجة لتعلق الكبريت في المحلول.

$$Na_2S_2O_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + \underbrace{H_2O_{(l)} + SO_{2(g)}}_{H_2S_2O_3} + S_{(s)}\downarrow)$$

٦ أيون النيتريت NO_2^-

- **الأساس العلمي للكشف:** يقوم الحمض الأكثر ثباتًا ($dil\ HCl$) بطرد الحمض الأقل ثباتًا (HNO_2) من أملاحه
- **نواتج التجربة الأساسية:** يتصاعد غاز أكسيد النيتريك عديم اللون الذي يتحول عند فوهة الأنبوبة إلى اللون البني المحمر

$$NaNO_{2(s)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + HNO_{2(aq)}$$

$$3HNO_{2(aq)} \longrightarrow HNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} + 2NO_{(g)}$$ عديم اللون

$$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{2(g)}$$ بنى محمر

ثانيا التجارب التأكيدية لمجموعة أنيونات حمض الهيدروكلوريك المخفف (على محلول الملح)

١ أيون الكربونات CO_3^{2-}

- (محلول الملح + محلول كبريتات الماغنسيوم)
- يتكون راسب أبيض على البارد يذوب في حمض الهيدروكلوريك.

$$Na_2CO_{3(aq)} + MgSO_{4(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + MgCO_{3(s)}\downarrow$$

$$MgCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow MgCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

٢ أيون البيكربونات HCO_3^-

- (محلول الملح + محلول كبريتات الماغنسيوم)
- يتكون راسب أبيض بعد التسخين

$$2NaHCO_{3(aq)} + MgSO_{4(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + Mg(HCO_3)_{2(aq)}$$

$$Mg(HCO_3)_{2(aq)} \xrightarrow{\Delta} MgCO_{3(s)}\downarrow + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

- ملحوظة: تنحل البيكربونات بالحرارة إلى: كربونات + ماء + CO_2

$$Mg(HCO_3)_{2(aq)} \xrightarrow{\Delta} MgCO_{3(s)}\downarrow + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

٣ أيون الكبريتيت SO_3^{2-}

- محلول الملح + نترات الفضة
- يتكون راسب أبيض يسود بالتسخين.

$$Na_2SO_{3(aq)} + 2AgNO_{3(aq)} \longrightarrow 2NaNO_{3(aq)} + Ag_2SO_{3(s)}\downarrow$$

كبريتيت الفضة

٤ أيون الكبريتيد S^{2-}

- محلول الملح + محلول نيترات الفضة
- يتكون راسب أسود من كبريتيد الفضة.

$$Na_2S_{(aq)} + 2AgNO_{3(aq)} \longrightarrow 2NaNO_{3(aq)} + Ag_2S_{(s)}\downarrow$$

كبريتيد الفضة

٥ أيون الثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$

- محلول الملح + محلول اليود
- يزول لون اليود البني بسبب تكون NaI عديم اللون

$$2Na_2S_2O_{3(aq)} + I_{2(aq)} \longrightarrow Na_2S_4O_{6(aq)} + 2NaI_{(aq)}$$

محلول بني — نواتج عديمة اللون

٦ أيون النيتريت NO_2^-

- محلول الملح + محلول برمنجنات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك المركز
- يزول اللون البنفسجي للبرمنجات.

$$5NaNO_{2(aq)} + 2KMnO_{4(aq)} + 3H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow 5NaNO_{3(aq)} + K_2SO_{4(aq)} + 2MnSO_{4(aq)} + 3H_2O_{(l)}$$

محلول بنفسجي — نواتج عديمة اللون

ملحوظة هامة :

يمكن التمييز بين أي ملحين من أنيونات المجموعة الأولى باستخدام HCl المخفف باستثناء الكربونات والبيكربونات يتم التمييز بينهما باستخدام كبريتات الماغنيسيوم $MgSO_4$

1

Dil. HCl	الأنيون	التجربة التأكيدية
$CO_2 \xrightarrow{Ca(OH)_2} CaCO_3$ راسب أبيض	HCO_3^-	$\xrightarrow{MgSO_4} Mg(HCO_3)_2 \xrightarrow{\Delta} MgCO_3$ راسب أبيض بعد التسخين
$CO_2 \xrightarrow{Ca(OH)_2} CaCO_3$ راسب أبيض	CO_3^{2-}	$\xrightarrow{MgSO_4} MgCO_3$ راسب أبيض على البارد
$SO_2 \xrightarrow[H_2SO_4]{K_2Cr_2O_7} Cr_2(SO_4)_3$ محلول أخضر	SO_3^{2-}	$\xrightarrow{AgNO_3} Ag_2SO_3$ راسب أبيض يسود بالتسخين
$H_2S \xrightarrow{(CH_3COO)_2Pb} PbS$ راسب أسود	S^{2-}	$\xrightarrow{AgNO_3} Ag_2S$ راسب أسود
S راسب أصفر $SO_2 \xrightarrow[H_2SO_4]{K_2Cr_2O_7} Cr_2(SO_4)_3$ محلول أخضر	$S_2O_3^{2-}$	$\xrightarrow{I_2}$ محلول بني، يزول اللون البنى
$HNO_2 \rightarrow NO \xrightarrow{O_2} NO_2$ غاز بني محمر	NO_2^-	$\xrightarrow[H_2SO_4]{KMnO_4}$ يزول اللون البنفسجي

مجموعة أنيونات حمض الكبريتيك المركز

التجربة الأساسية : الملح الصلب + حمض الكبريتيك المركز

الكلوريد (Cl^-)	البروميد (Br^-)	اليوديد (I^-)	النيترات (NO_3^-)

◂ ما هو الأساس العلمي للكشف عن أنيونات الكلوريد والبروميد واليوديد والنيترات ؟

يطرد الحمض الأكثر ثباتا الأحماض الأقل ثباتا من أملاحها علي هيئة غاز يمكن التعرف عليه بالكاشف المناسب

- الحمض الأكثر ثباتا : حمض الكبريتيك المركز
- الأحماض الأقل ثباتا : الهيدروكلوريك والهيدروبروميك والهيدرويوديك والنيتريك

$$2NaCl_{(s)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow{\Delta / Conc.} Na_2SO_{4(aq)} + 2HCl_{(g)}$$

أولا التجارب الأساسية لمجموعة أنيونات حمض الكبريتيك المركز (على الملح الصلب)

◂ ملحوظات عامة: نستخدم الحمض المركز مع التسخين فى جميع التجارب الأساسية.

١ أيون الكلوريد (Cl^-)

◂ الأساس العلمي للكشف: يقوم الحمض الأكثر ثباتًا ($Conc.\ H_2SO_4$) بطرد الحمض الأقل ثباتًا (HCl) من أملاحه على هيئة غاز (HCl)

◂ نواتج التجربة الأساسية: يتصاعد غاز كلوريد الهيدروجين عديم اللون

$$2NaCl_{(s)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow{\Delta / Conc.} Na_2SO_{4(aq)} + 2HCl_{(g)}$$

◂ يكون سحبا بيضاء مع ساق زجاجية مبللة بمحلول النشادر

$$HCl_{(g)} + NH_{3(g)} \longrightarrow NH_4Cl_{(s)}$$

كلوريد الأمونيوم (سحب بيضاء)

الفرق بين النشا والنشادر

◂ النشادر = NH_3 = Ammonia

◂ محلول النشادر = $NH_3 + H_2O = NH_4OH$

◂ النشا = Starch (مركب عضوى بتركيب مختلف تمامًا)

٢ أيون البروميد (Br^-)

- **الأساس العلمي للكشف:** يقوم الحمض الأكثر ثباتًا ($Conc.\ H_2SO_4$) بطرد الحمض الأقل ثباتًا (HBr) من أملاحه على هيئة غاز (HBr)
- **نواتج التجربة الأساسية:** يتصاعد غاز بروميد الهيدروجين عديم اللون

$$2NaBr_{(s)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow{\Delta / Conc.} Na_2SO_{4(aq)} + 2HBr_{(g)}$$

- **يتأكسد جزئيا** بفعل حمض الكبريتيك

تنفصل أبخرة برتقالية حمراء من البروم تسبب اصفرار ورقة مبللة بمحلول النشا.

$$2HBr_{(g)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow{Conc.} 2H_2O_{(l)} + SO_{2(g)} + Br_{2(v)}$$

أبخرة برتقالية حمراء

٣ أيون اليوديد (I^-)

- **الأساس العلمي للكشف:** يقوم الحمض الأكثر ثباتًا ($Conc.\ H_2SO_4$) بطرد الحمض الأقل ثباتًا (HI) من أملاحه على هيئة غاز (HI)
- **نواتج التجربة الأساسية:** يتصاعد غاز يوديد الهيدروجين عديم اللون

$$2NaI_{(s)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow{\Delta / Conc.} Na_2SO_{4(aq)} + 2HI_{(g)}$$

- **يتأكسد جزئيا** بسرعة بواسطة حمض الكبريتيك وتنفصل منه أبخرة اليود

تظهر بلونها البنفسجي عند التسخين وتزرق ورقة مبللة بمحلول النشا

$$2HI_{(g)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow{Conc.} 2H_2O_{(l)} + SO_{2(g)} + I_{2(v)}$$

أبخرة بنفسجية

٤ أيون النيترات (NO_3^-)

- **نواتج التجربة الأساسية:** تتصاعد أبخرة بنية حمراء من ثاني أكسيد النتروجين . علل ؟

نتيجة لتحلل حمض النيتريك المنفصل

$$2NaNO_{3(s)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow{\Delta / Conc.} Na_2SO_{4(aq)} + 2HNO_{3(l)}$$

$$4HNO_{3(l)} \xrightarrow{\Delta} 2H_2O_{(v)} + 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

- **تزداد كثافة الأبخرة عند إضافة قليل من خراطة النحاس.**

$$Cu_{(s)} + 4HNO_{3(l)} \xrightarrow{\Delta / Conc.} Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2H_2O_{(v)} + 2NO_{2(g)}$$

ثانيًا التجارب التأكيدية لمجموعة أنيونات حمض الكبريتيك المركز (على محلول الملح)

١ أيون الكلوريد (Cl^-)

- محلول الملح + محلول نيترات الفضة
- يتكون راسب أبيض من كلوريد الفضة

$$NaCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgCl_{(s)}$$

- يصير بنفسجيًا عند تعرضه للضوء، يذوب في محلول النشادر المركز.

٢ أيون البروميد (Br^-)

- محلول الملح + محلول نيترات الفضة
- يتكون راسب أبيض مصفر من بروميد الفضة

$$NaBr_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgBr_{(s)}\downarrow$$

- يصبح داكنًا عند تعرضه للضوء، يذوب ببطء في محلول النشادر المركز.

٣ أيون اليوديد (I^-)

- محلول الملح + محلول نيترات الفضة
- يتكون راسب أصفر من يوديد الفضة (لا يذوب في محلول النشادر)

$$NaI_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgI_{(s)}\downarrow$$

٤ أيون النيترات (NO_3^-)

- اختبار الحلقة البنية:

محلول ملح النيترات

+ محلول حديث التحضير من كبريتات الحديد II

+ قطرات من حمض الكبريتيك المركز تضاف بحرص على السطح الداخلي لأنبوبة الاختبار

المشاهدة

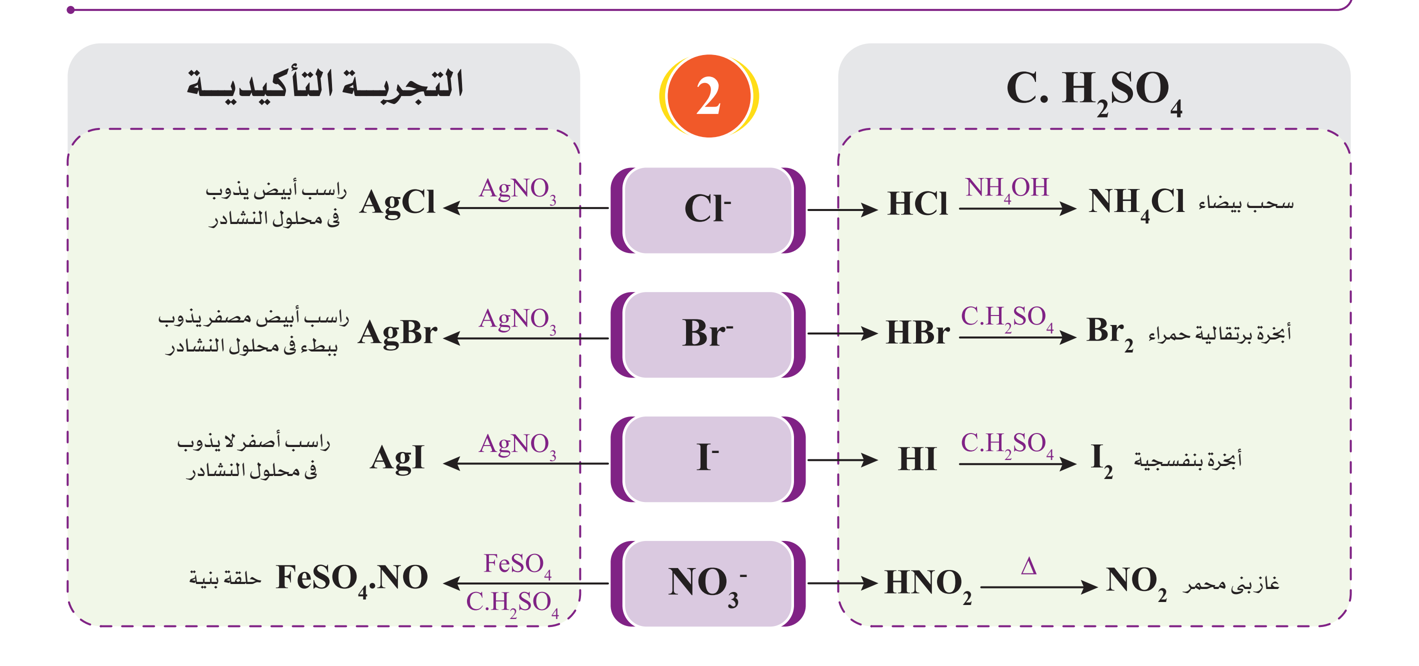
- تتكون حلقة بنية عند السطح الفاصل بين الحمض ومحاليل التفاعل (تزول بالرج أو التسخين)

$$2NaNO_{3(aq)} + 6FeSO_{4(aq)} + 4H_2SO_{4(l)} \xrightarrow{Conc.} 3Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + Na_2SO_{4(aq)} + 4H_2O_{(l)} + 2NO_{(g)}$$

$$FeSO_{4(aq)} + NO_{(g)} \longrightarrow \underset{\text{مركب الحلقة البنية}}{FeSO_4.NO_{(s)}}$$

علل : في تجربة الحلقة البنية تضاف كبريتات الحديد (II) حديث التحضير

حتى لا تتأكسد كبريتات الحديد II بأكسجين الهواء الجوي إلى كبريتات الحديد III



مجموعة أنيونات محلول كلوريد الباريوم $BaCl_2$

التجربة الأساسية : محلول الملح + محلول كلوريد الباريوم

ما هو الأساس العلمي للكشف عن أنيونات الكبريتات والفوسفات ؟

١ أنيونات هذه المجموعة لا تتفاعل مع:

حمض الهيدروكلوريك المخفف (dil HCl)

أو

حمض الكبريتيك المركز (Conc. H_2SO_4)

٢ يعتمد الكشف على هذه الأنيونات على تكوين راسب أبيض عند تفاعل محاليل أملاحها مع محلول كلوريد الباريوم.

أولًا التجارب الأساسية لمجموعة أنيونات محلول كلوريد الباريوم

١ أيون الكبريتات SO_4^{2-}

نواتج التجربة الأساسية: يتكون راسب أبيض من كبريتات الباريوم **لا يذوب** في حمض الهيدروكلوريك المخفف .

$$Na_2SO_{4(aq)} + BaCl_{2(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + BaSO_{4(s)}$$

٢ أيون الفوسفات PO_4^{3-}

نواتج التجربة الأساسية: يتكون راسب أبيض من فوسفات الباريوم **يذوب** في حمض الهيدروكلوريك المخفف.

$$2Na_3PO_{4(aq)} + 3BaCl_{2(aq)} \longrightarrow 6NaCl_{(aq)} + Ba_3(PO_4)_{2(s)} \downarrow$$

ثانيًا التجارب التأكيدية لمجموعة أنيونات محلول كلوريد الباريوم

١ أيون الكبريتات SO_4^{2-}

محلول الملح + محلول أسيتات الرصاص (II)

يتكون راسب أبيض من كبريتات الرصاص (II).

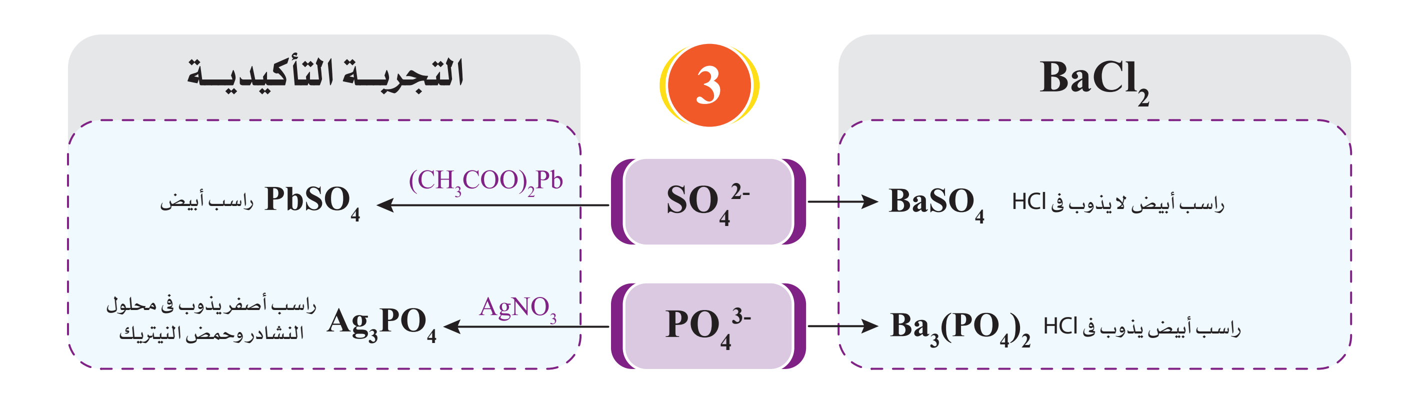
$$Na_2SO_{4(aq)} + (CH_3COO)_2Pb_{(aq)} \longrightarrow 2CH_3COONa_{(aq)} + \underset{\text{راسب أبيض}}{PbSO_{4(s)}}$$

٢ أيون الفوسفات PO_4^{3-}

- محلول الملح + محلول نيترات الفضة
- يتكون راسب أصفر من فوسفات الفضة

$$Na_3PO_{4(aq)} + 3AgNO_{3(aq)} \longrightarrow 3NaNO_{3(aq)} + Ag_3PO_{4(s)}\downarrow$$

- يذوب في كلّ من محلول النشادر وحمض النيتريك.



المجموعة	حمض الهيدروكلوريك المخفف (HCl)						حمـــــض الكبريتيك المركز (H_2SO_4)				محلول كلوريد الباريوم ($BaCl_2$)	
الأنيونات	كربونات CO_3^{2-}	بيكربونات HCO_3^-	الكبريتيد S^{2-}	الكبريتيت SO_3^{2-}	الثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$	النيتريت NO_2^-	الكلوريد Cl^-	البروميد Br^-	اليوديد I^-	النترات NO_3^-	الفوسفات $(PO_4)^{3-}$	الكبريتات $(SO_4)^{2-}$
التجربة الأســــــاسية (الملح الصلب + الحمض)	يحـدث فوران . يتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 الذي يعكر ماء الجير الرائق عند إمراره لفترة قصيرة بسبب تكوين راسب ابيض من كربونات الكالسيوم التي لاتذوب في الماء		يتصاعد غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S ذو الرائحة الكريهة ويسود ورقة مبللة بـ أسيتات الرصاص II	يتصاعد غاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2 ذو الرائحة النفاذة ويخضر ورقة مبللة بـ ثاني كرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ المحمضة بـ H_2SO_4 المركز	يتصاعد غاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2 .... ويظهر المحلول بلون أصفر نتيجة تعلق الكبريت في المحلول	يتصاعد غاز أكسيد النيتريك NO عديم اللون الذي يتحول الى بني محمر عند فوهة الأنبوبة	يتصاعد غاز كلوريد الهيدروجين عديم اللون ويكون سحب بيضاء مع ساق مبللة بمحلول النشادر	يتصاعد غاز بروميد الهيدروجين عديم اللون ويتأكسد جزئيا بفعل H_2SO_4 وتنفصل ابخرة البروم البرتقالية وتسبب اصفرار ورقة مبللة بمحلول النشا	يتصاعد غاز يوديد الهيدروجين HI عديم اللون ويتأكسد جزئيا بفعل H_2SO_4 وتنفصل ابخرة اليود البنفسجية وتسبب زرقة ورقة مبللة بمحلول النشا	يتصاعد غاز ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 ذو اللون البني المحمر لتحلل حمض النيتريك HNO_3 المنفصل ويزداد بإضافة نحاس	يتكون راسب ابيض من فوسفات الباريوم يذوب في HCl المخفف	يتكـــون راسب ابيض من كبريتات البـاريـــوم $BaSO_4$ لايذوب في HCl المخفف
الكاشف التأكيدي	$MgSO_4$ كبريتات الماغنسيوم		$AgNO_3$ نترات الفضة		I_2 اليود البني	$KMnO_4$ H_2SO_4 (CONC)	$AgNO_3$ نترات الفضة			$FeSO_4$ H_2SO_4 (CONC)	$AgNO_3$ نترات الفضة	أسيتات الرصاص II
التجربة التأكيدية (محلول الملح + محلول الكاشف)	يتكون راسب ابيض على البارد من كربونات الماغنسيوم $MgCO_3$ يذوب في HCl	يتكون راسب ابيض بعد التسخين لتحول بيكربونات الماغنسيوم $Mg(HCO_3)_2$ الى كربونات الماغنسيوم $MgCO_3$	يتكـــون راسب اسود من كبريتيد الفضة Ag_2S	يتكون راسب ابيض من كبريتيت الفضة Ag_2SO_3 يسود بالتسخين	يزول لون اليود البني لتكون يوديد الصوديوم عديم اللون NaI	يزول اللون البنفسجي للبرمنجنات لتكون كبريتات المنجنيز $MnSO_4$ عديم اللون	يتكون راسب ابيض من كلوريد الفضة AgCl يصبح بنفسجي عند تعرضه للضوء يذوب في محلول النشادر المركز	يتكون راسب ابيض مصفر من بروميد الفضة AgBr يصبح داكناً عند تعرضه للضوء . يذوب ببطء في محلول النشادر المركز	يتكون راسب اصفر من يوديد الفضة AgI لايذوب في محلول النشادر المركز	تتكون حلقة بنية من $FeSO_4.NO$ عند السطح الفاصل بين الحمض ومحاليل التفاعل تزول بـالرج أو التسخين	يتكون راسب أصفر من فوسفات الفضة Ag_3PO_4 يذوب في 1– محلول النشادر 2– حمض النيتريك	يتكون راسب ابيض من كبريتات الرصاص II $PbSO_4$

الكشف عن الكاتيونات (الشق القاعدي) للأملاح

الكشف عن الشق القاعدي أكثر تعقيدًا من الكشف عن الشق الحامضي. علل ؟

- لكثرة عدد الشقوق القاعدية والتداخل فيما بينها
- إمكانية وجود الشق الواحد في أكثر من حالة تأكسد.

– تقسم الشقوق القاعدية إلى ست مجموعات تسمى المجموعات التحليلية

– يعتمد هذا التقسيم على اختلاف ذوبان أملاح هذه الفلزات في الماء.

– لكل مجموعة من الشقوق القاعدية كاشف معين يسمى بكاشف المجموعة.

كاشف المجموعة : هو المحلول المستعمل في الكشف عن كاتيونات المجموعة وترسيبها.

المجموعة التحليلية الأولى

الزئبق Hg^{+}	الفضة Ag^{+}	الرصاص Pb^{2+}

يتم الترسيب على هيئة كلوريدات بإضافة كاشف المجموعة (حمض الهيدروكلوريك المخفف) . علل ؟

لأن كلوريدات هذه المجموعة شحيحة الذوبان في الماء

المجموعة التحليلية الثانية

أيون النحاس II Cu^{2+}

يتم الترسيب على هيئة كبريتيدات في وسط حامضي باستخدام كاشف المجموعة (غاز كبريتيد الهيدروجين في وسط حامضي): $H_2S_{(g)} + HCl_{(aq)}$

خطوات الكشف

١ إذابة الملح في الماء

٢ إضافة حمض هيدروكلوريك مخفف ليصير المحلول حامضيًا ثم يمرر غاز كبريتيد الهيدروجين

نواتج التجربة الأساسية

راسب أسود من كبريتيد النحاس (II) يذوب في حمض النيتريك الساخن.

$$CuSO_{4(aq)} + H_2S_{(g)} \longrightarrow H_2SO_{4(aq)} + CuS_{(s)}\downarrow$$

المجموعة التحليلية الثالثة

الألومنيوم Al^{3+}	الحديد (II) Fe^{2+}	الحديد (III) Fe^{3+}

ترسب كاتيونات هذه المجموعة على هيئة هيدروكسيدات بإضافة كاشف المجموعة هيدروكسيد الأمونيوم NH_4OH وذلك عندما لا تكون مختلطة بكاتيونات أخرى.

التجربة التأكيدية : محلول الملح + محلول هيدروكسيد الصوديوم

- ترسب كاتيونات هذه المجموعة على هيئة هيدروكسيدات علل ؟

لأن هيدروكسيدات هذه المجموعة لا تذوب في الماء.

أولاً التجارب الأساسية لكاتيونات المجموعة التحليلية الثالثة

- محلول الملح + محلول هيدروكسيد الأمونيوم

١ أيون الألومنيوم Al^{3+}

نواتج التجربة الأساسية

- راسب أبيض جيلاتيني من هيدروكسيد الألومنيوم

$$Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 6NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow 2Al(OH)_{3(s)}\downarrow + 3(NH_4)_2SO_{4(aq)}$$

- يذوب في الأحماض المخففة وفي محلول الصودا الكاوية

٢ أيون الحديد (II) Fe^{2+}

نواتج التجربة الأساسية

- يتكون راسب أبيض
- يتحول إلى أبيض مخضر بالتعرض للهواء
- يذوب في الأحماض.

$$FeSO_{4(aq)} + 2NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow Fe(OH)_{2(s)}\downarrow + (NH_4)_2SO_{4(aq)}$$

٣ الحديد (III) Fe^{3+}

نواتج التجربة الأساسية

- يتكون راسب جيلاتيني لونه بني محمر
- يذوب في الأحماض.

$$FeCl_{3(aq)} + 3NH_4OH_{(aq)} \longrightarrow Fe(OH)_{3(s)}\downarrow + 3NH_4Cl_{(aq)}$$

ثانيًا التجارب التأكيدية لكاتيونات المجموعة التحليلية الثالثة

- محلول الملح + محلول هيدروكسيد الصوديوم

١ أيون الألومنيوم Al^{3+}

نواتج التجربة التأكيدية

- يتكون راسب أبيض جيلاتيني من هيدروكسيد الألومنيوم يذوب في وفرة من هيدروكسيد الصوديوم مكونًا ميتا ألومينات الصوديوم.

$$Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 6NaOH_{(aq)} \longrightarrow 2Al(OH)_{3(s)}\downarrow + 3Na_2SO_{4(aq)}$$

$$Al(OH)_{3(s)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaAlO_{2(aq)} + 2H_2O_{(\ell)}$$

٢ أيون الحديد (II) Fe^{2+}

نواتج التجربة التأكيدية

- يتكون راسب أبيض مخضر من هيدروكسيد الحديد II

$$FeSO_{4(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \longrightarrow Fe(OH)_{2(s)}\downarrow + Na_2SO_{4(aq)}$$

٣ الحديد (III) Fe^{3+}

نواتج التجربة التأكيدية

- راسب جيلاتيني بني محمر من هيدروكسيد الحديد (III)

$$FeCl_{3(aq)} + 3NaOH_{(aq)} \longrightarrow Fe(OH)_{3(s)}\downarrow + 3NaCl_{(aq)}$$

المجموعــة التحليليــة الخامسة

١ الكالسيوم Ca^{2+}

- ترسـب كاتيونـات هـذه المجموعـة علـى هيئـة كربونـات بإضافـة كاشـف المجموعـة محلـول كربونـات الأمونيـوم $((NH_4)_2CO_3)$.

نواتج التجربة الأساسية

- راسـب **أبيـض** مـن كربونـات الكالسـيوم يـذوب فـي حمـض HCl المخفـف ويـذوب أيضًـا فـي المـاء المحتـوي علـى CO_2

$$CaCl_{2(aq)} + (NH_4)_2CO_{3(aq)} \longrightarrow CaCO_{3(s)}\downarrow + 2NH_4Cl_{(aq)}$$

$$CaCO_{3(s)} + H_2O_{(\ell)} + CO_{2(g)} \longrightarrow Ca(HCO_3)_{2(aq)}$$

نواتج التجربة التأكيدية

١ محلول الملح + حمض كبريتيك مخفف:

- يتكون راسب أبيض من كبريتات الكالسيوم.

$$CaCl_{2(aq)} + H_2SO_{4\,(aq)} \longrightarrow CaSO_{4\,(s)}\downarrow + 2HCl_{(aq)}$$

٢ الكشف الجاف (على الملح الصلب):

- كاتيونات الكالسيوم المتطايرة تكسب لهب بنزن لون **أحمر طوبي**.

الحساب الكيميائي

قــوانين هــامة

١ الكتلة المولية

- الكتلة المولية (g/mol) = مجموع كتل الذرات في الجزيء

٢ كثافة الغاز

- كثافة الغاز (g/L) = $\frac{\text{الكتلة المولية } (g/mol)}{22.4}$

٣ التركيز (المولارية)

- التركيز (المولارية) = عدد المولات / الحجم باللتر
- وحدة قياس المولارية : مول / لتر (mol/L) أو مولار (M)
- حجم المحلول باللتر = $\frac{\text{حجم المحلول } (cm^3 \text{ أو } ml)}{1000}$

٤ عدد المولات

- عدد المولات = $\frac{\text{كتلة المادة } (g)}{\text{الكتلة المولية } (g/mol)}$
- عدد المولات = $\frac{\text{عدد الجزيئات (أو الذرات أو الأيونات)}}{\text{عدد أفوجادرو } (6.02 \times 10^{23})}$
- عدد المولات = $\frac{\text{حجم الغاز (لتر)}}{\text{حجم المول (22.4 لتر)}}$
- عدد المولات = التركيز (M) × الحجم (L)

٥ النسبة المئوية لكتلة عنصر في مركب

- النسبة المئوية لكتلة عنصر في مركب = $\frac{\text{كتلة العنصر في المول}}{\text{كتلة المول}} \times 100\%$

٦ كتلة العنصر في المول

كتلة العنصر في المول = الكتلة الذرية للعنصر × عدد ذراته في الجزيء

٧ نسبة الماء في الجزيء

نسبة الماء في الجزيء = $\frac{\text{كتلة الماء في الجزيء}}{\text{كتلة الجزيء}} \times 100\%$

التحليـــل الكمـي

وهو نوعان :

١ التحليل الكمي الحجمي

٢ التحليل الكمي الكتلي

١ التحليل الكمي الحجمي (المعايـرة)

هي عملية تعيين تركيز محلول حامضي (أو قاعدي) بمعلومية الحجم اللازم منه للتعادل مع محلول آخر قاعدي (أو حامضي) معلوم الحجم والتركيز.

هدف التحليل

قياس حجوم المواد المراد تقديرها

مكونات عملية التحليل

المادة المجهولة : وهي المادة المراد تحديد حجمها (أو تركيزها)

المحلول القياسي : محلول من مادة معلومة التركيز والحجم

أحد الأدلة : وهي مواد تستخدم لتحديد نقطة نهاية التفاعل بين الأحماض والقواعد حيث يتغير لونها بتغيير وسط التفاعل بين الحامضي والقاعدي والمتعادل .

الدليـــــل	في الوسط الحامضي	في الوسط المتعادل	في الوسط القاعدي
الميثيل البرتقالي	أحمر	برتقالي	أصفر
الفينولفثالين	عديم اللون	عديم اللون	أحمر
عباد الشمس	أحمر	أرجواني	أزرق
أزرق بروموثيمول	أصفر	أخضر فاتح	أزرق

خطوات التحليل

- يتم التفاعل الكامل بين المادتين (حتى الوصول إلى نقطة التعادل)
- يتم حساب الحجم أو التركيز المجهول من خلال القانون التالي بعد كتابة معادلة التفاعل الموزونة :

$$\frac{M_a V_a}{n_a} = \frac{M_b V_b}{n_b}$$

- **M** : التركيز المولاري
- **V** : حجم المحلول المستخدم
- **n** : عدد المولات في المعادلة الموزونة
- **a** : ترمز للحمض acid
- **b** : ترمز للقاعدة base

ملحوظات

- إذا كانت المادة المراد تقديرها حامضًا يستخدم في المعايرة محلول قياسي من قلوي أو قاعدة (هيدروكسيد صوديوم أو كربونات صوديوم)
- إذا كانت المادة المراد تقديرها قلوي أو قاعدة يستخدم في المعايرة محلول قياسي من الحمض.
- توجد أنواع من التفاعلات غير تفاعلات التعادل (بين الأحماض والقواعد)
- اختيار المحلول القياسي يجب معرفة التفاعل المناسب الذي يتم بين محلولي المادتين.
- **هذه التفاعلات قد تكون:**

١ **تفاعلات تعادل** وتستخدم في تقدير الأحماض والقواعد.

٢ **تفاعلات أكسدة واختزال** وتستخدم في تقدير المواد المؤكسدة والمختزلة.

٣ **تفاعلات الترسيب** وتستخدم في تقدير المواد التي يمكن أنّ تعطي نواتج شحيحة الذوبان في الماء.

٢ التحليل الكمي الكتلي

التعريف

- فصل المكون المراد تقديره ثم تعيين كتلته باستخدام الحساب الكيميائي

طرق فصل المكون

أ طريقة التطاير.

ب طريقة الترسيب.

طريقة التطاير:

- **تطاير المكون المراد تقديره**
- **جمع المادة المتطايرة**
- **تعيين كتلتها :** عن طريق الحساب المباشر أو بتعيين مقدار النقص في كتلة المادة الأصلية.

طريقة الترسيب

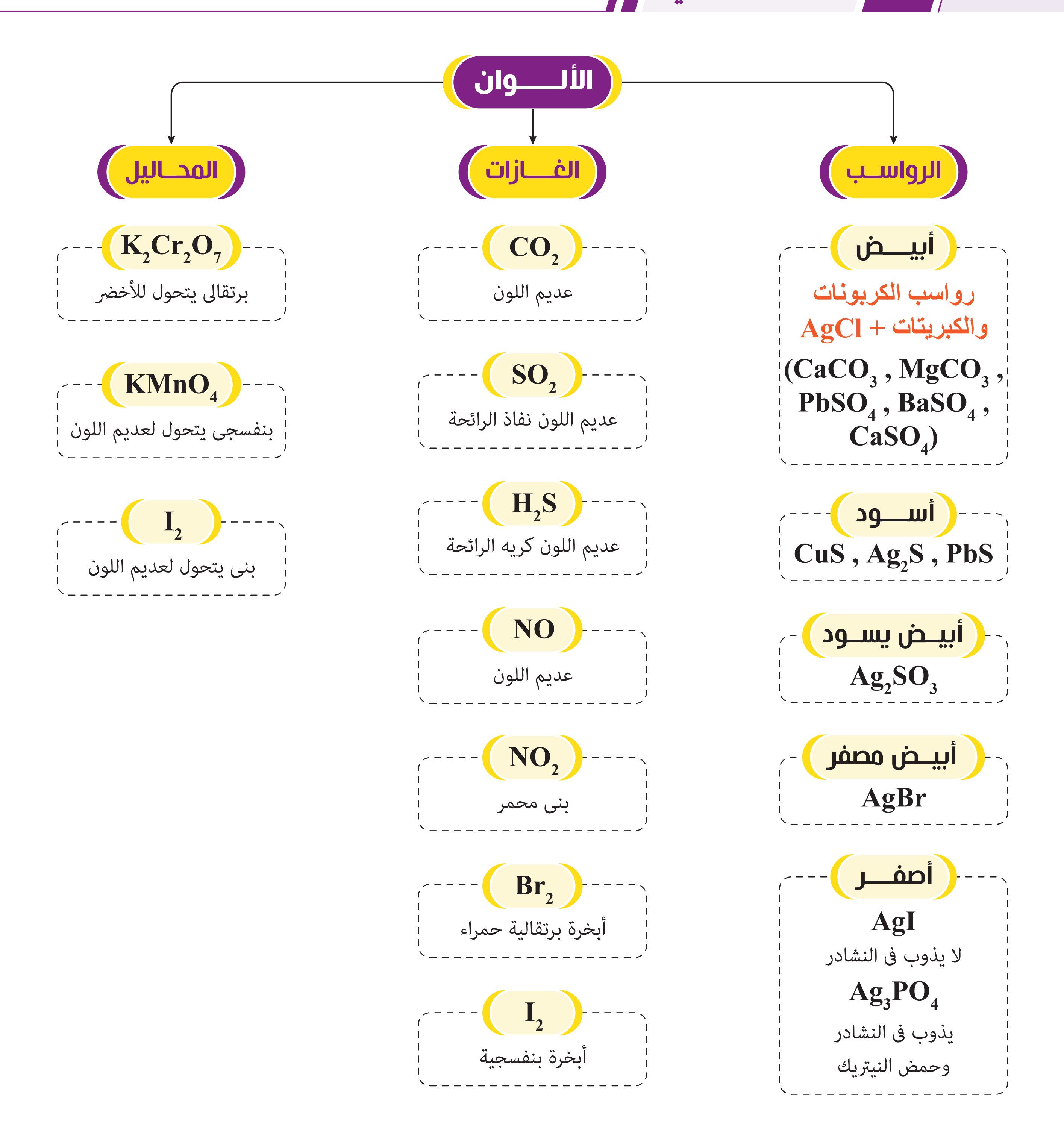
- **ترسيب المكون المراد تقديره**

(على هيئة مركب نقي شحيح الذوبان في الماء وذو تركيب كيميائي معروف وثابت) - فصل هذا المركب عن المحلول بالترشيح على ورقة ترشيح عديمة الرماد (نوع من ورق الترشيح يحترق احتراقًا كاملاً ولا يترك أي رماد)

- نقل ورقة الترشيح وعليها الراسب في بوتقة احتراق وتحرق تماما حتى تتطاير مكونات ورقة الترشيح ويبقى الراسب.
- كتلة العنصر أو المركب المتبقي .

ملخص ذوبانية الرواسب

الراسب	المذيب	التأثير
$CaCO_3$	$CO_2 + H_2O$	يذوب
$AgCl$	محلول النشادر	يذوب بسهولة
$AgBr$	محلول النشادر	يذوب ببطء
AgI	محلول النشادر	لا يذوب
Ag_3PO_4	محلول النشادر حمض النيتريك	يذوب
$BaSO_4$	$HCl_{(aq)}$	لا يذوب
$Ba_3(PO_4)_2$	$HCl_{(aq)}$	يذوب
CO_3^{2-}	$HCl_{(aq)}$	تذوب


الألوان
الرواسب
الغازات
المحاليل
أبيض
رواسب الكربونات
والكبريتات + AgCl
(CaCO3 , MgCO3 , PbSO4 , BaSO4 , CaSO4)
أسود
CuS , Ag2S , PbS
أبيض يسود
Ag2SO3
أبيض مصفر
AgBr
أصفر
AgI
لا يذوب فى النشادر
Ag3PO4
يذوب فى النشادر
وحمض النيتريك
CO2
عديم اللون
SO2
عديم اللون نفاذ الرائحة
H2S
عديم اللون كريه الرائحة
NO
عديم اللون
NO2
بنى محمر
Br2
أبخرة برتقالية حمراء
I2
أبخرة بنفسجية
K2Cr2O7
برتقالى يتحول للأخضر
KMnO4
بنفسجى يتحول لعديم اللون
I2
بنى يتحول لعديم اللون



التمييز باستخدام التجربة التأكيدية

$MgSO_4$

- CO_3^{2-} : راسب أبيض على البارد
- HCO_3^- : راسب أبيض بعد التسخين

$(CH_3COO)_2Pb$

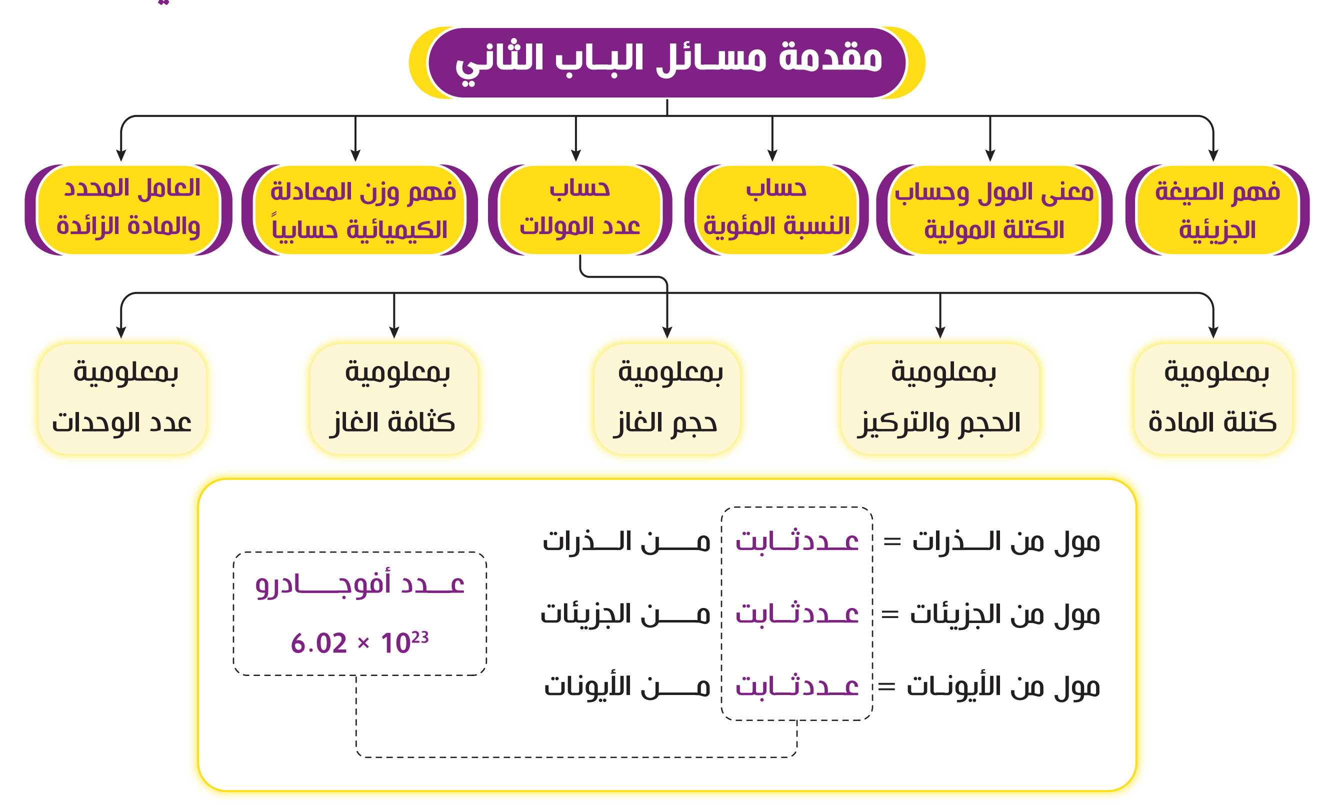
- S^{2-} : راسب أسود
- SO_4^{2-} : راسب أبيض

$AgNO_3$

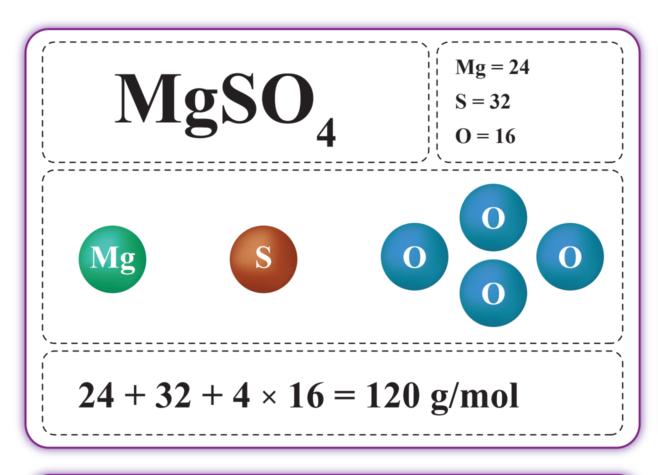
S^{2-}	SO_3^{2-}	Cl^-	Br^-	I^-	PO_4^{3-}
راسب أسود	راسب أبيض يسود بالتسخين	راسب أبيض	راسب أبيض مصفر	راسب أصفر	راسب أصفر
Ag_2S	Ag_2SO_3	$AgCl$	$AgBr$	AgI	Ag_3PO_4

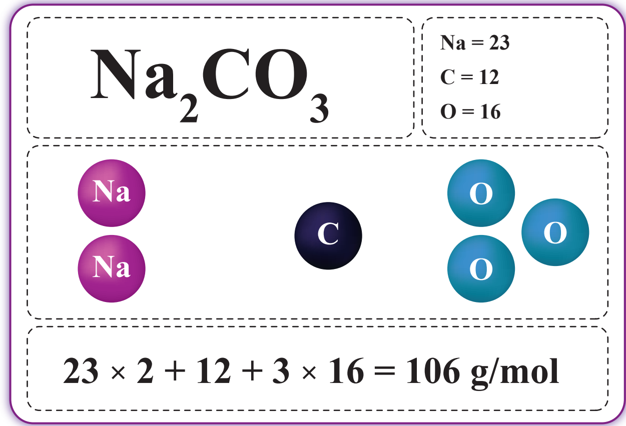
ملخص العوامل المؤكسدة والمختزلة

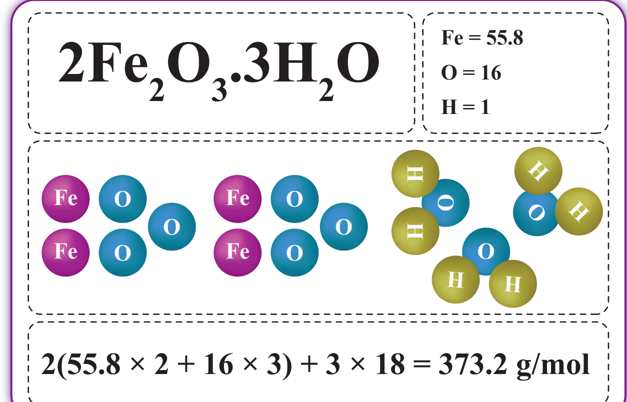
العامل المؤكسد (يحدث له اختزال)	$K_2Cr_2O_7$ (Cr^{6+})	$KMnO_4$ (Mn^{7+})	I_2	H_2SO_4 (S^{6+})	NO_3^-
يتحول إلى	Cr^{3+}	Mn^{2+}	I^-	SO_2 (S^{4+})	NO_2^-
العامل المختزل (يحدث له أكسدة)	SO_2 (S^{4+})	NO_2^-	$S_2O_3^{2-}$	Br^- , I^-	$FeSO_4$
يتحول إلى	SO_4^{2-} (S^{6+})	NO_3^-	$S_4O_6^{7-}$	Br_2 , I_2	$Fe_2(SO_4)_3$

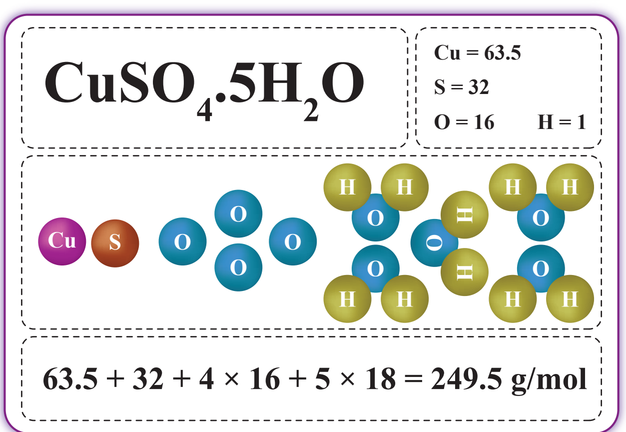


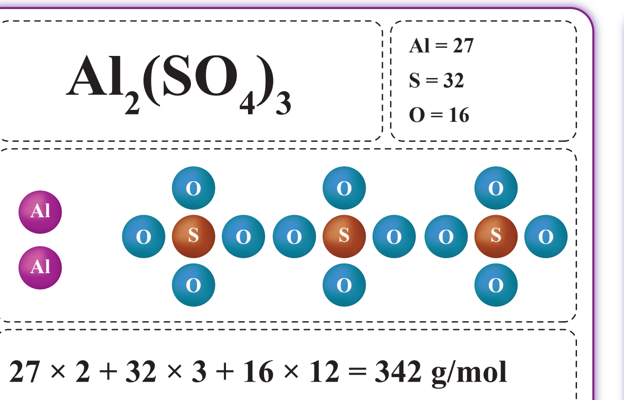
١ حساب الكتلة المولية











$KCl.MgCl_2.6H_2O$

K = 39

Cl = 35.5 Mg = 24

O = 16 H = 1

K Cl Mg Cl Cl H O

$39 + 35.5 + 24 + 35.5 \times 2 + 6 \times 18 = 277.5$ g/mol

$(NH_4)_2CO_3$

N = 14

H = 1

C = 12 O = 16

H N C O

$14 \times 2 + 1 \times 8 + 12 + 16 \times 3 = 96$ g/mol

$$\text{النسبة المئوية للماء فى مركب} = \frac{\text{كتلة الماء في المول}}{\text{كتلة المول}} \times 100\ \%$$

$$\text{النسبة المئوية لعنصر فى مركب} = \frac{\text{كتلة العنصر في المول}}{\text{كتلة المول}} \times 100\ \%$$

مثـــال

احسب النسبة المئوية للماء في ($CuSO_4.5H_2O$).

$$\text{النسبة المئوية للماء} = \frac{\text{كتلة الماء في المول}}{\text{كتلة المول}} \times 100 = \frac{5 \times 18}{249.5} \times 100 = 36.07\ \%$$

٢ حساب عدد المولات بمعلومية الكتلة

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{كتلة المادة}}{\text{كتلة المول}}$$

كتلة المادة = عدد المولات × كتلة المول

مثـــال ١

عينة من كلوريد الصوديوم كتلتها 146.25 g

احسب عدد مولات كلوريد الصوديوم الموجودة بها. [Na = 23 , Cl = 35.5]

الحـــل

عدد المولات = كتلة المادة ÷ كتلة المول

- كتلة المول = 23 + 35.5 = 58.5 جرام/ مول
- عدد المولات = 146.25 ÷ 58.5 = 2.5 مول

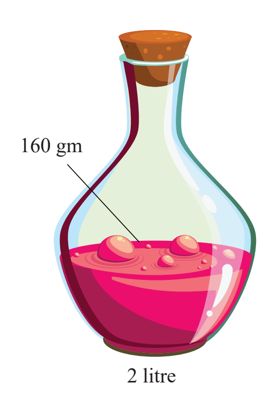
مثـــال ٢

تم إذابة 160 g من بللورات هيدروكسيد الصوديوم في 2 لتر من الماء المقطر.

[Na = 23 , O = 16 , H = 1]

احسب عدد مولات هيدروكسيد الصوديوم المذابة في 1 لتر من المحلول

الحـــل



160 gm ⟶ 2 litre

?? ⟶ 1 litre

- كتلة هيدروكسيد الصوديوم في لتر = 160 ÷ 2 = 80 جم

عدد المولات = كتلة المادة ÷ كتلة المول

- عدد مولات NaOH = $\frac{80}{40}$ = 2 مول

٣ حساب عدد المولات بمعلومية الحجم والتركيز

عدد المولات = التركيز × الحجم باللتر

التركيز = عدد المولات / الحجم باللتر

الحجم باللتر = عدد المولات / التركيز

وحدات التركيز

M (مولاري) , mol / L (مول / لتر)

محلول مولاري = تركيزه 1 مول/لتر

للتحويل من ملليتر إلى لتر : نقسم على 1000

2000 ml / 1000 = 2 L

cm^3 = ml

مثـــال ١

احسب التركيز المولاري لمحلول هيدروكسيد الصوديوم حجمه 250 mL والذي يحتوي على 0.5 مول من NaOH

الحـــل

التركيز المولاري = عدد المولات ÷ الحجم باللتر

$= 0.5 \div 0.25 = 2$ M

مثـــال ٢

احسب عدد مولات هيدروكسيد الصوديوم الموجودة في $300\ cm^3$ من محلول 2 M

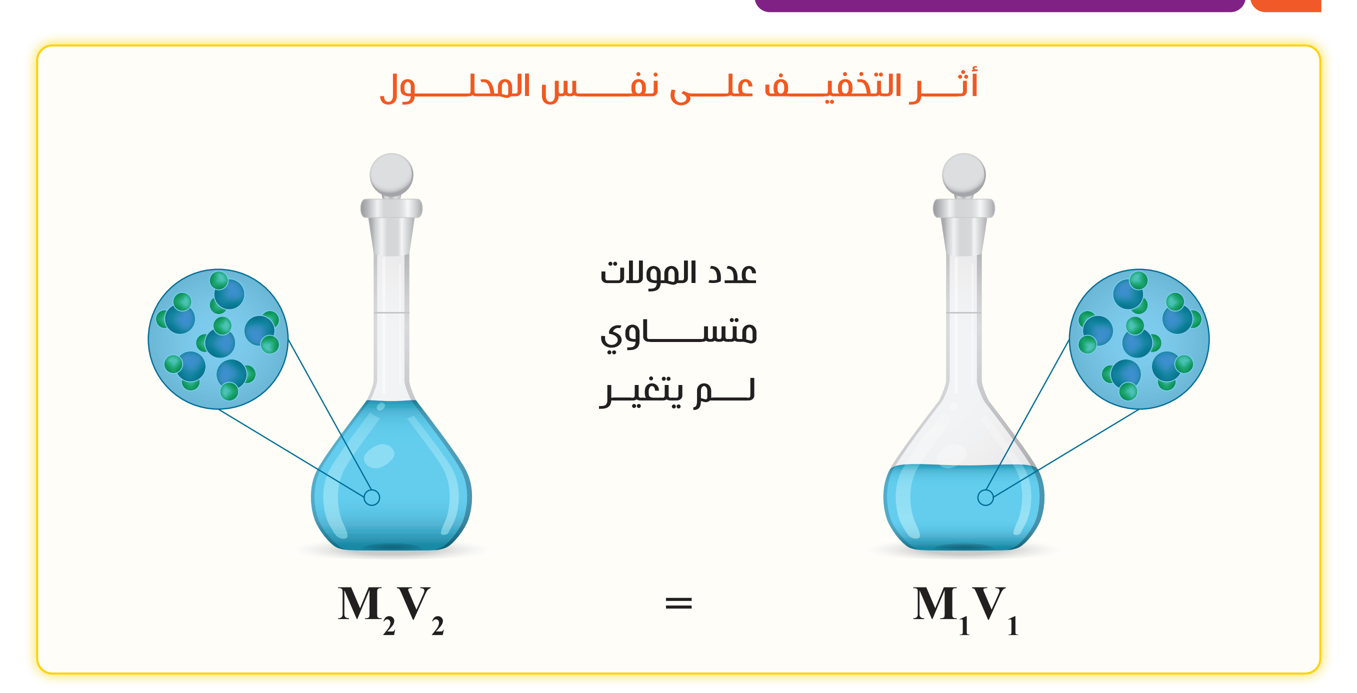
الحـــل

عدد المولات = التركيز × الحجم باللتر

الحجم باللتر = $300 \div 1000 = 0.3$ لتر

عدد المولات = $2 \times 0.3 = 0.6$ مول

٤ فكرة جانبية: تخفيف نفس المحلول



مثــال ١

احسـب حجـم المـاء اللازم إضافتـه إلـى 200 mL مـن محلـول هيدروكسـيد الصوديـوم تركيـزه 0.3 mol/L لتحويلـه إلـى محلـول تركيـزه 0.1 mol/L.

الحــل

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$0.3 \times 200 = 0.1 \times V_2$$

$$V_2 = \frac{0.3 \times 200}{0.1} = 600 \text{ mL}$$

يلزم إضافة 400 مل ماء

مثـــال ٢

إذا كان لدينا 250 مل من محلول ما تركيزه 1.25 M فما حجم الماء اللازم إضافته لتكوين محلول تركيزه 0.5 M ؟

الحـل

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$1.25 \times 250 = 0.5 \times V_2$$

$$V_2 = \frac{1.25 \times 250}{0.5} = 625 \text{ mL}$$

يلزم إضافة 375 مل ماء

مثـــال ٣

عند تخفيف محلول $NaNO_3$ حجمه 100 mL تركيزه 1.2 M بإضافة كمية من الماء إليه تساوى ثلاثة أمثال حجمه فما التركيز الجديد للمحلول؟

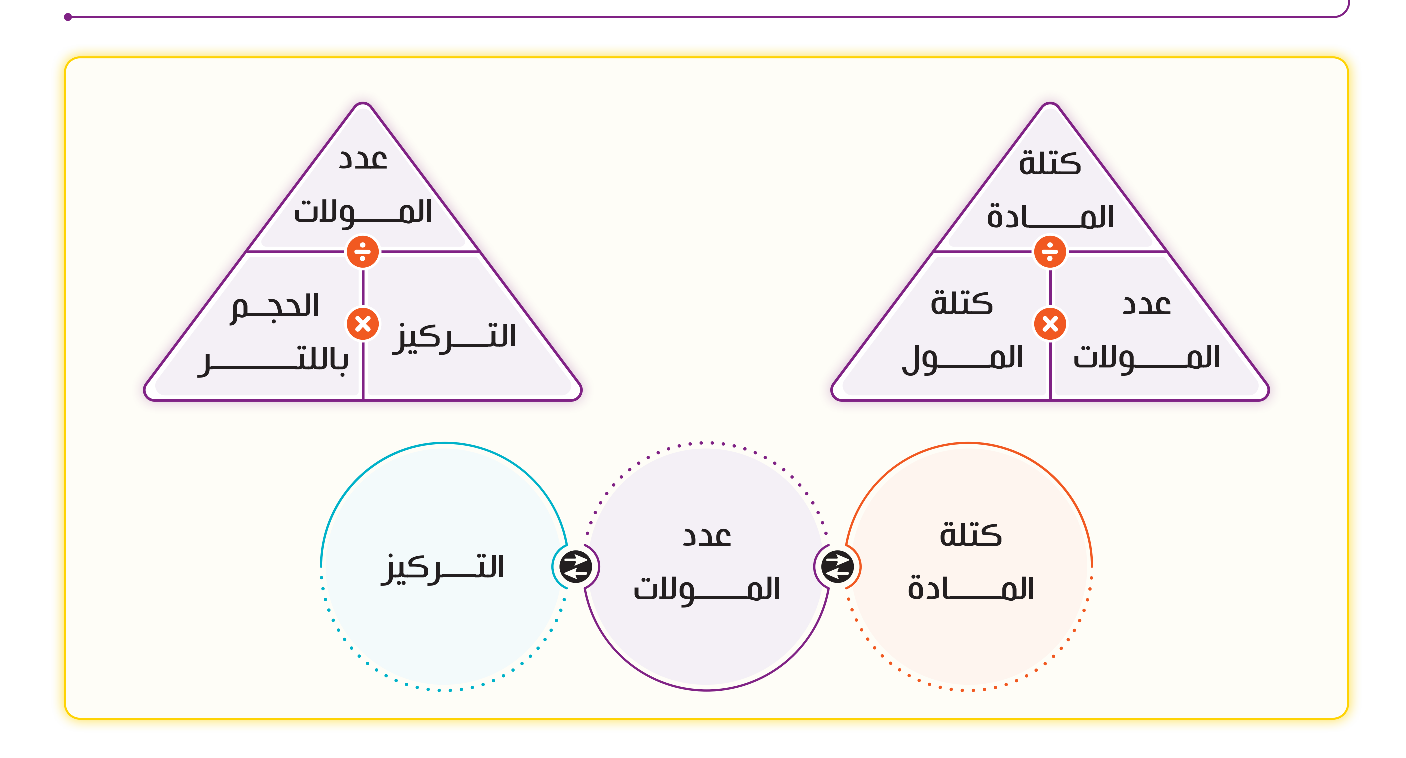
الحـل

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$1.2 \times 100 = M_2 \times 400$$

$$M_2 = \frac{1.2 \times 100}{400} = 0.3 \text{ M}$$

التركيز الجديد = 0.3 مولر



مثـــال ١

التركيـز المـولاري لمحلـول هيدروكسـيد الصوديـوم NaOH الناتـج مـن إذابـة 10 g منـه لتكويـن محلـول حجمـه 500 mL يسـاوي ....

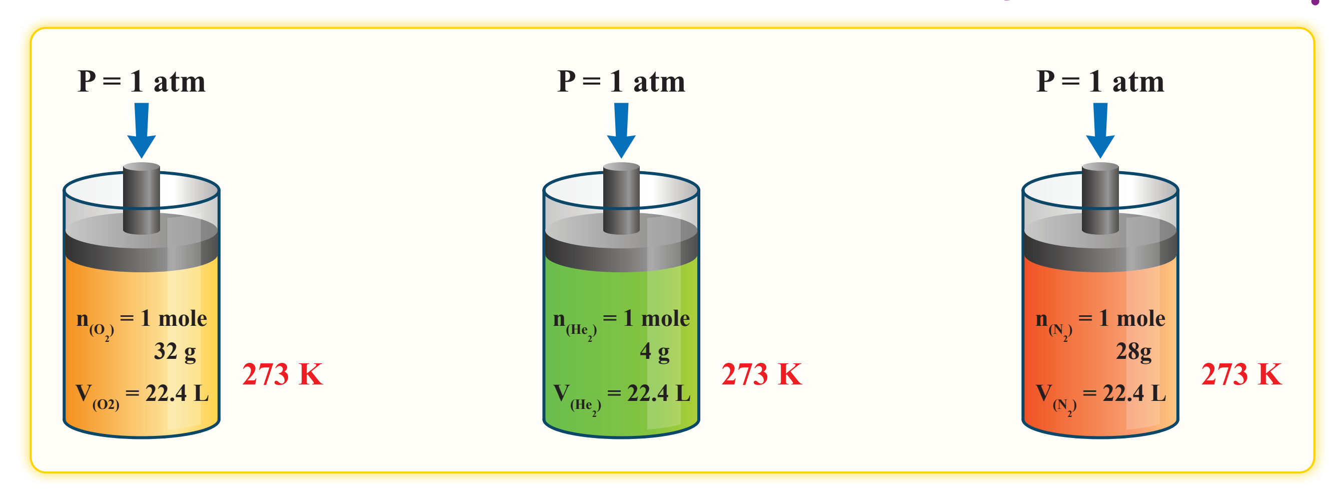
الحــل

$$\text{التركيز} = \frac{\text{عدد المولات}}{\text{الحجم باللتر}} = \frac{\text{كتلة المادة / كتلة المول}}{\text{الحجم بالملليلتر / 1000}}$$

$$\text{التركيز} = \frac{10 \div 40}{500 \div 1000} = 0.5\ M$$

٥ حساب عدد المولات بمعلومية الحجم في الغازات

- الـمول مـن أي غـاز $(N_2 - H_2 - O_2)$ فـي معـدل الضغـط ودرجـة الحـرارة ($1\ atm$, $0\ C^\circ$) يشـغل حجما = 22.4 لتر



الغاز	O_2	CO_2
عدد المولات	1 mol	1 mol
الحجم باللتر	22.4 L	22.4 L
عدد الجزيئات	6.02×10^{23} molecule	6.02×10^{23} molecule
الكتلة بالجرام	32 g	44 g

حجم الغاز = عدد المولات × حجم المول (22.4 لتر)

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{حجم الغاز}}{\text{حجم المول (22.4 لتر)}}$$

مثـــال ١

احسب حجم 2 مول من غاز الأكسجين في STP

الحـل

حجم الغاز = عدد المولات × 22.4

حجم الغاز = 44.8 L

مثـــال ٢

احسب كتلة غاز النيتروجين والذي يشغل حجماً قدره 100 L في STP

N = 14

الحـــل

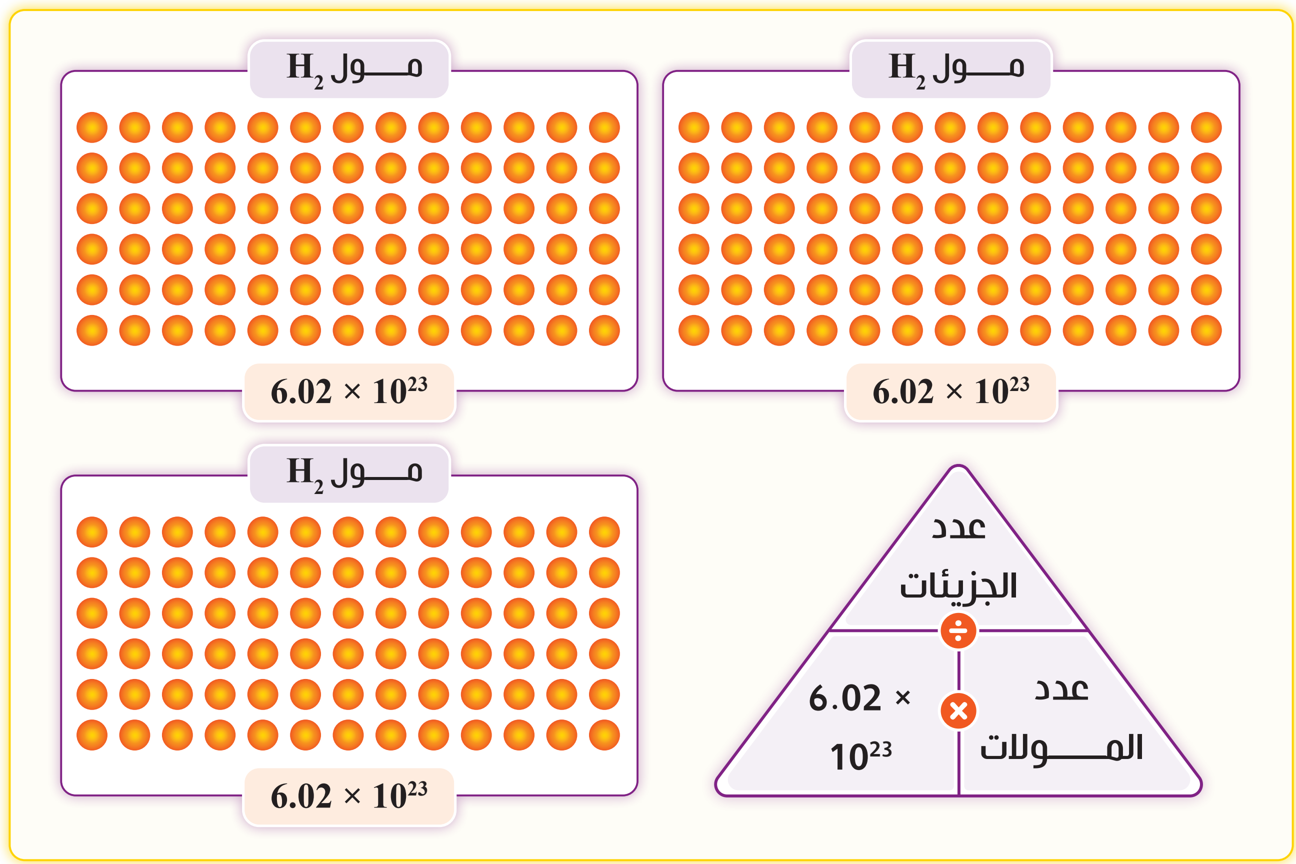
كتلة الغاز = عدد المولات × كتلة المول

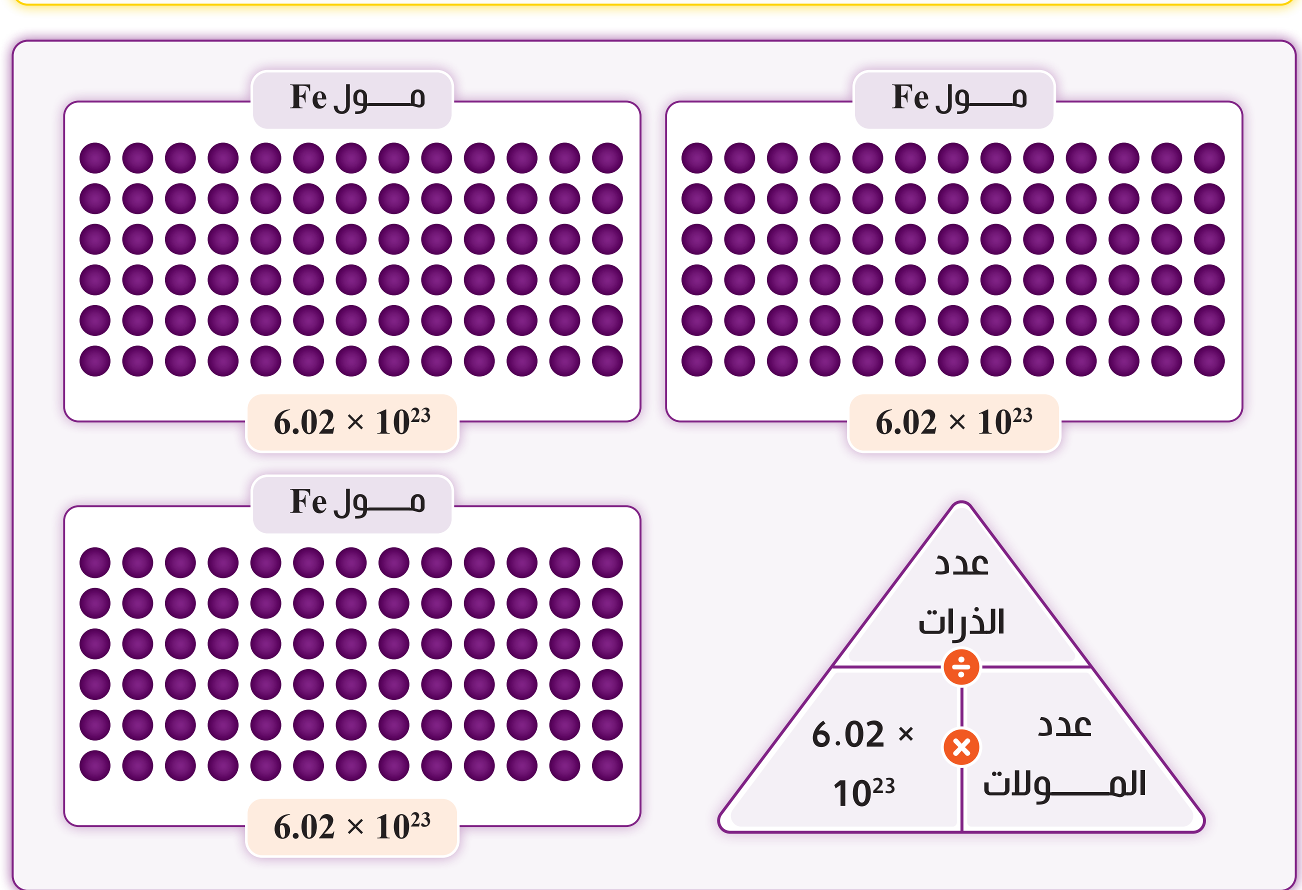
$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{حجم الغاز}}{22.4} = 4.5 \text{ مول}$$

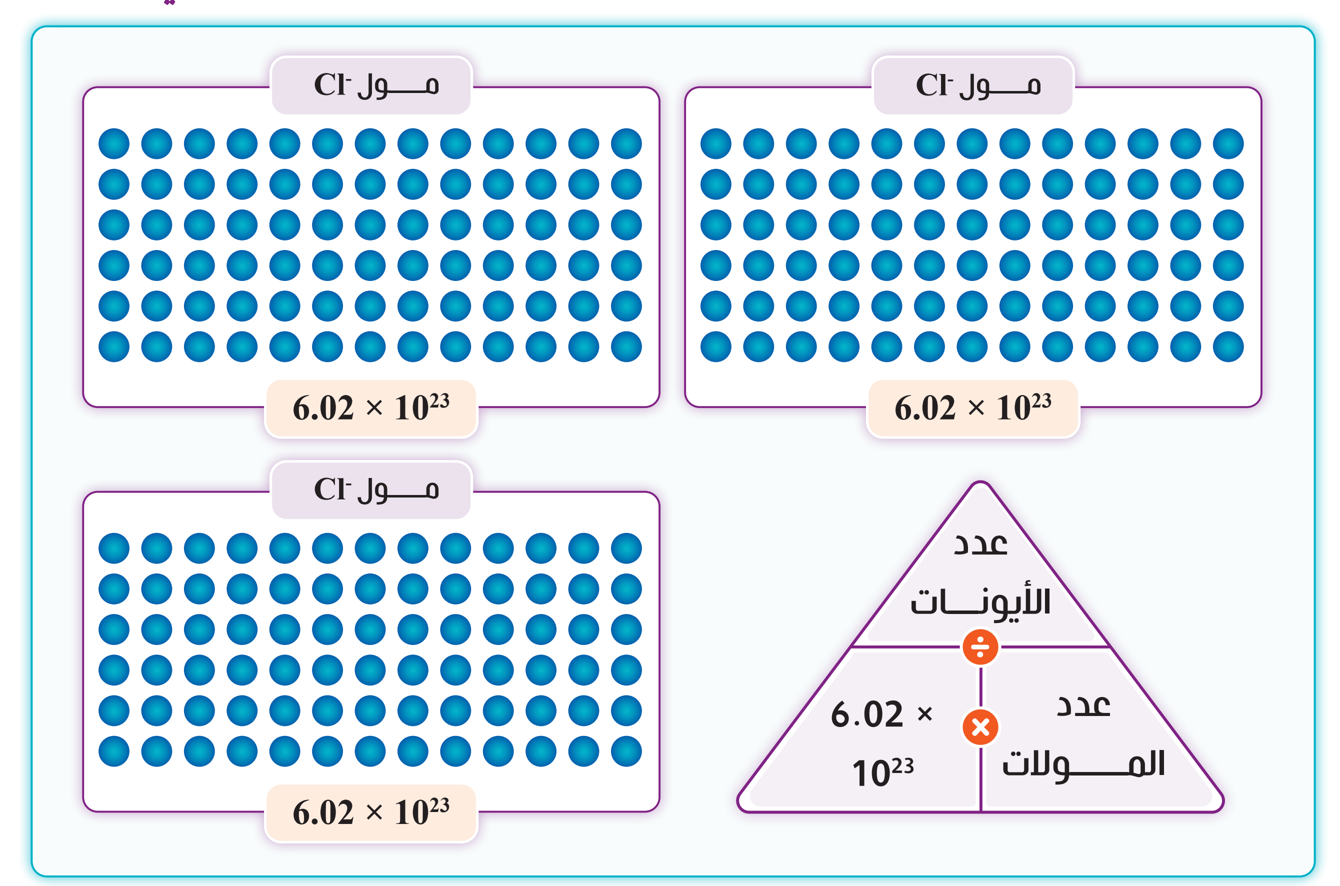
كتلة الغاز = عدد المولات × كتلة المول $= 4.5 \times (14 \times 2) = 126\ g$

كتلة المـــادة ÷ (عدد المـــولات × كتلة المـــول)	عدد المـــولات ÷ (التـــركيز × الحجـم باللتـــر)
حجم الغاز L ÷ (عدد المـــولات × 22.4)	عدد الذرات ÷ (عدد المـــولات × 6.02×10^{23})

١ حساب عدد المولات بمعلومية عدد الجزيئات – الذرات - الأيونات







- المول من جزيئات أي مادة يحتوي على عدد ثابت من الجزيئات
- المول من ذرات أي مادة يحتوي على عدد ثابت من الذرات
- المول من أيونات أي مادة يحتوي على عدد ثابت من الأيونات
- عدد أفوجادرو = 6.02×10^{23}

- عدد جزيئات 1 مول ماء = 1 × عدد أفوجادرو جزيء
- عدد ذرات 2 مول حديد = 2 × عدد أفوجادرو ذرة
- عدد أيونات 5.3 مول كربونات = 5.3 × عدد أفوجادرو أيون
- عدد أفوجادرو = 6.02×10^{23}

مثـــال ١

احسب عدد جزيئات كربونات الصوديوم في 3 مول منه

[Na = 23 , O = 16 , C = 12 , H = 1]

الحـــل

عدد الجزيئات = عدد المولات × عدد أفوجادرو

$= 3 \times 6.02 \times 10^{23}$

$= 1.8 \times 10^{24}$

مثـــال ٢

احسب عدد جزيئات كربونات الصوديوم في 53 جرام منه

[Na = 23 , O = 16 , C = 12 , H = 1]

الحـــل

عدد الجزيئات = عدد المولات × عدد أفوجادرو

= (كتلة المادة ÷ كتلة المول) × عدد أفوجادرو

$= (53 \div 106) \times 6.02 \times 10^{23}$

$= 3.01 \times 10^{23}$

التحويل من مول جزئ ← مول ذرة ← عدد ذرات

عدد ذرات الجزئ = ١

نفس القيمة

جزئ Fe — ذرة Fe

جزئ Na — ذرة Na

عدد ذرات الجزئ > ١

جـــزئ O_2 ← × 2 ← ذرة O

جـــزئ O_3 ← × 3 ← ذرة O

جـــزئ H_2O ← × 2 ← ذرة H

جـــزئ H_2O ← × 1 ← ذرة O

× 3 ← ذرة

- عدد الجزيئات = عدد مولات الجزيئات × عدد أفوجادرو
- عدد مولات الذرات = عدد مولات الجزيئات × عدد ذرات الجزيء
- عدد الذرات = عدد مولات الجزيئات × عدد ذرات الجزيء × عدد أفوجادرو

كتلة المادة (جـــــزئ) ← عدد المولات (جــــزئ)

تركيز + حجم باللتر ← عدد المولات (جــــزئ)

حجم الغاز ← عدد المولات (جــــزئ)

عدد المولات (جــــزئ) × عدد الذرات ← عدد المولات (ذرات)

عدد المولات (جــــزئ) × عدد أفوجادرو ← عدد الجزيئات

عدد المولات (ذرات) × عدد أفوجادرو ← عدد الذرات

عدد الجزيئات × عدد الذرات ← عدد الذرات

الباب 3
الثالث



الاتزان الكيميائى

معنى الاتـــزان

أنواع الاتزان (المقررة)

- الاتــزان الفيـزيـائي
- الاتــزان الكيميـائي

تجربــة لتوضيــح معنــى الاتــزان الفيزيــائي

التجربــة

ضع كمية من الماء في إناء مغلق على موقد حتى الغليان

المشـاهدة

حدوث عمليتين متضادتين أو متعاكستين هما :

- عملية التبخير
- عملية التكثيف

$$H_2O_{(l)} \underset{\text{تكثيف}}{\overset{\text{تبخير}}{\rightleftharpoons}} H_2O_{(v)}$$

التفسيــر

- في بداية التسخين يكون معدل تبخير الماء هي العملية السائدة ويصحبها زيادة في الضغط البخاري.
- تستمر عملية التبخير حتى يتساوى الضغط البخاري مع ضغط بخار الماء المشبع
- تحدث حالة اتزان بين سرعة التبخير وسرعة التكثيف (عدد جزئيات الماء التي تتبخر مساو لعدد جزئيات البخار التي تتكثف)

تعريفات هامة

الضغـط البخـاري

هو ضغط بخار الماء الموجود في الهواء عند درجة حرارة معينة

ضغط بخار الماء المشبع

هو أقصى ضغط لبخار الماء يمكن أنّ يتواجد في الهواء عند درجة حرارة معينة (أقصى ضغط بخاري).

النظام المتزن

نظام ساكن على المستوى المرئي ، ديناميكي على المستوى غير المرئي

في النظام المتزن

تحدث عمليتان ،، متعاكستان ،، في نفس الوقت ،، وبنفس السرعة

الاتــزان الكيمـــيائي

أنواع التفاعلات الكيميائية

- تفاعلات تامة (غير انعكاسية).
- تفاعلات انعكاسية.

١ التفاعلات التامة

- هي التفاعلات التي تسير في اتجاه واحد غالبا (الاتجاه الطردي)
- يخــرج أحد النواتج من حيز التفاعل على هيئة غــاز يتصاعد أو راســب
- يصعـب علـى المـواد الناتجـة (التـي تحتـوي علـى غـاز أو راسـب) أنّ تتحـد مـع بعضهـا مـرة أخـرى لتكويـن المـواد المتفاعلـة فـي نفـس ظـروف التفاعـل.
- يقل تركيز المتفاعلات حتى تستهلك تقريبا.
- علل: تفاعل محلول كلوريد الصوديوم مع محلول نترات الفضة من التفاعلات التامة ؟

لأنـه عنـد إضافـة محلـول كلوريـد الصوديـوم إلـى محلـول نتـرات الفضـة نلاحـظ خـروج أحـد النواتـج مـن حيـز التفاعـل علـى هيئـة راسـب أبيـض مـن كلوريـد الفضـة فيسـير التفاعـل فـي الاتجـاه الطـردي فقـط.

$$NaCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgCl_{(s)}$$

- علل: تفاعل شريط من الماغنسيوم مع محلول حمض هيدروكلوريك من التفاعلات التامة

لأنـه تفاعـل شـريط مـن الماغنسـيوم مـع محلـول حمـض هيدروكلوريـك يخـرج أحـد النواتـج مـن حيـز التفاعـل علـى هيئـة غـاز الهيدروجيـن فيسـير التفاعـل فـي الاتجـاه الطـردي فقـط.

$$Mg_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow MgCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

٢ التفاعلات الانعكاسية

هي التفاعلات التي تسير في الاتجاهين الطردي والعكسي حيث تكون المواد المتفاعلة والمواد الناتجة من التفاعل موجودة باستمرار في حيز التفاعل

تجربة لإثبات حدوث التفاعلات غير التامة

العمل:

تعادل مول من حمض الخليك (CH_3COOH) مع مول من الكحول الإيثيلي (C_2H_5OH)

$$CH_3COOH_{(l)} + C_2H_5OH_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_{5(aq)} + HOH_{(l)}$$

المتوقع:

- تكون مول من إستر أسيتات الإيثيل $(CH_3COOC_2H_5)$ ومول من الماء - مواد متعادلة - لا تؤثر على ورقة عباد الشمس.
- اختفاء الحمض تماما وبالتالي لن يتغير لون ورقة عباد الشمس إلى الأحمر لو وضعت في المحلول.

المشاهدة الفعلية:

- عند اختبار محلول التفاعل بورقة عباد الشمس زرقاء نجدها تحمر (مما يدل على وجود حمض في حيز التفاعل) رغم أنّ المواد الناتجة من التفاعل متعادلة التأثير على عباد الشمس.

التفسير:

لأن التفاعل السابق من التفاعلات الانعكاسية التي تسير في كلا الاتجاهين الطردي والعكسي.

- تتحد النواتج مرة أخرة لتكوين المتفاعلات
- وبالتالي فإنّ المواد المتفاعلة والمواد الناتجة من التفاعل تكون موجودة باستمرار في حيز التفاعل عند الاتزان وهذا يفسر حموضة خليط التفاعل لوجود حمض الخليك.

تعريف الاتزان الكيميائي (في التفاعلات الانعكاسية فقط)

هو نظام **ديناميكي**

يحدث عندما **يتساوى معدل** التفاعل الطردي مع معدل التفاعل العكسي

وتثبت تركيزات المتفاعلات والنواتج

ويظل الاتزان قائما طالما كانت جميع **المواد المتفاعلة والناتجة موجودة** في وسط التفاعل (لم يتصاعد غاز ولم يتكون راسب)

ومادامت **ظروف التفاعل ثابتة**.

فالاتزان الكيميائي هو : الحالة التي لا يتغير عندها تركيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة

ملحوظات

- التفاعل الكيميائي عملية ديناميكية وليست ساكنة. علل؟

لأن التفاعل يسير في كلا الاتجاهين الطردي والعكسي (بنفس السرعة)

- عند وصول التفاعل الكيميائي لحالة الاتزان فإن كمية المواد المتفاعلة والمواد الناتجة تثبت عند كمية محددة (لا يشترط أن تكون كميات متساوية أو تركيزات متساوية)

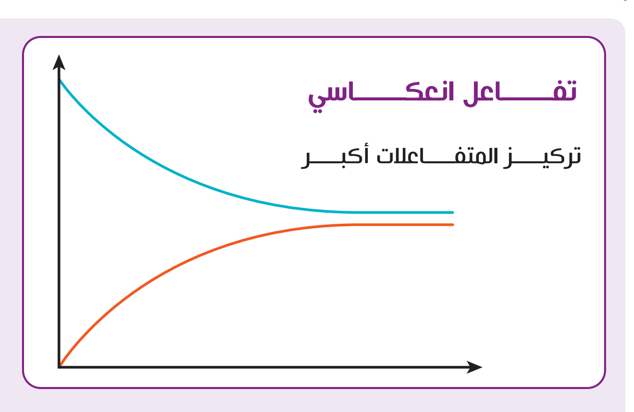
مما سبق يمكن أن نستنتج التالي

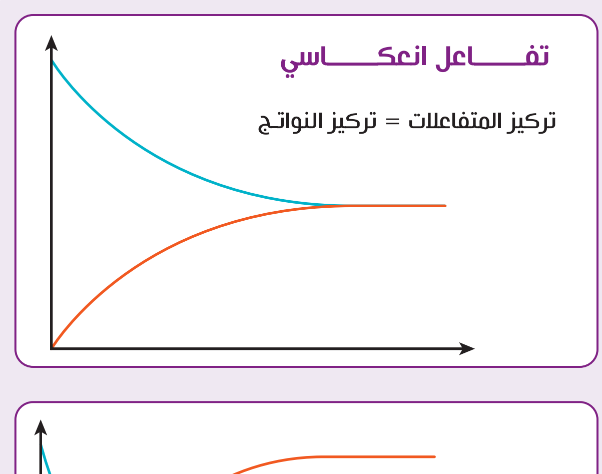
أثناء حدوث التفاعل الكيميائي التام :

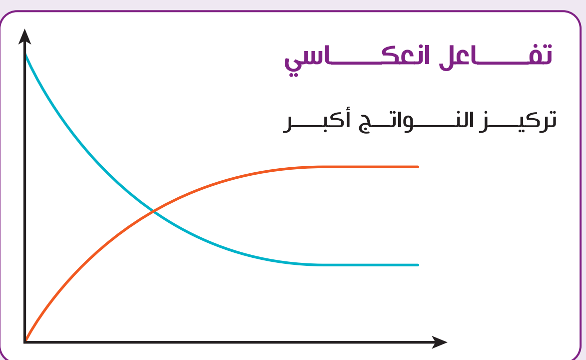
- يقل تركيز المواد المتفاعلة حتى تستهلك تقريبا
- يزداد تركيز المواد الناتجة من التفاعل (حتى تصل لأعلى قيمة ممكنة)

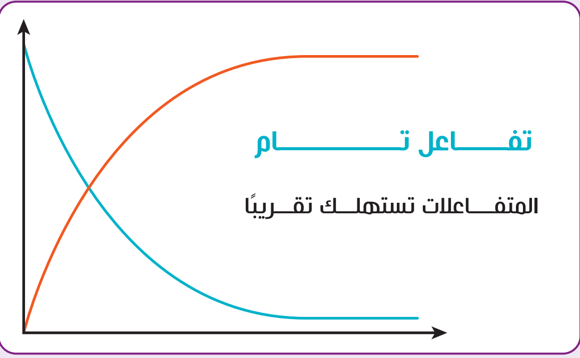
أثناء حدوث التفاعل الكيميائي الانعكاسي :

- يقل تركيز المواد المتفاعلة بنسبة محددة
- يزداد تركيز المواد الناتجة من التفاعل (حتى يصل التفاعل لحالة الاتزان)
- يصلا لحالة الاتزان









ملحوظة

لا يبدأ التفاعل الانعكاسي بحالة الاتزان بل يستغرق وقتا بعد بدايته للوصول إلى حالة الاتزان

معدل (سرعة) التفاعل الكيميائي

التعـريف

مقدار التغير في كمية (تركيز) المتفاعلات (أو النواتج) في وحدة الزمن.

وحـدة القيـاس:

- يعبر عن كمية المادة (التركيز) بوحدة : المول في كلّ لتر من المحلول (mol/L)
- يعبر عن الزمن بالدقائق أو الثواني (min – s).

معدل التفاعل الكيميائي = $\frac{\text{عدد المولات}}{\text{الزمن}}$ mol/s

(عدد المولات = كتلة المادة ÷ كتلة المول)

أنواع التفاعلات الكيميائية (حسب معدلها)

١ التفاعلات اللحظية

وهي التفاعلات التي تنتهي نسبيًا في **وقت قصير جدًا**

مثـل: تفاعـل نتـرات الفضـة مع كلوريـد الصوديـوم حيـث ينتـج راسـب شـحيح الذوبـان مـن كلوريـد الفضـة الأبيـض بمجـرد خلـط المـواد المتفاعلـة.

٢ التفاعلات البطيئة

وهي تفاعلات معدلها **بطيء نسبيا**

مثل تفاعل الزيوت النباتية مع الصودا الكاوية لتكوين الصابون والجليسرين (التصبن)

٣ التفاعلات البطيئة جدا

وهي تفاعلات **يتطلب حدوثها شهورًا عديدة** مثل تفاعل تكوين صدأ الحديد.

العوامل التي تؤثر على معدل (سرعة) التفاعل الكيميائي

تتأثر سرعة التفاعل الكيميائي بعدد من العوامل هي:

- طبيعة المواد المتفاعلة. (نوع الروابط – مساحة السطح)
- تركيز المواد المتفاعلة.
- العوامل الحفازة.
- درجة حرارة التفاعل.
- الضوء.

١ طبيعة المواد المتفاعلة

يقصد بطبيعة المواد المتفاعلة عاملان مهمان هما:

نوع الترابط بين المواد المتفاعلة:

إذا كانت المواد المتفاعلة ذات روابط أيونية:

تكون التفاعلات لحظية وسريعة جدا. علل؟

لأن المواد المتفاعلة تتفكك إلى أيونات حرة والتي تتفاعل بسرعة بمجرد خلطها.

مثـال: تفاعل محلول كلوريد الصوديوم مع محلول نترات الفضة

$$NaCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgCl_{(s)}$$

علل: تفاعل كلوريد الصوديوم مع نترات الفضة لحظي وسريع ؟

لأن التفاعل يتم بين الأيونات التي تتفاعل بسرعة بمجرد خلطها

إذا كانت المواد المتفاعلة ذات روابط تساهمية :

تكون التفاعلات التساهمية بطيئة عادة. علل؟

لأن التفاعل يتم بين الجزيئات (لا تتفكك إلى أيونات حرة) التي تحتاج إلى طاقة لكسر الروابط التساهمية وبالتالي وقت أطول لحدوث التفاعل.

مثال: تفاعلات المركبات العضوية . (تفاعل التصبن)

مساحة السطح المعرض للتفاعل

كلما زادت مساحة السطح المعرض للتفاعل كلما زادت سرعة التفاعل الكيميائي

تطبيق:

- أحضر كتلتين متساويتين من فلز الخارصين أحدهما على هيئة مسحوق والأخرى عبارة عن كتلة واحدة
- ضع كلا على حدة في أنبوبة اختبار
- أضف إلى كلّ أنبوبة حجمين متساويين من حمض الهيدروكلوريك المخفف

المشاهدة: ينتهي التفاعل في حالة المسحوق في وقت أقل من التفاعل في حالة الكتلة الواحدة. علل؟

لأنه كلما زادت مساحة السطح المعرض للتفاعل كلما زادت فرص التصادم بين جزيئات المواد المتفاعلة وكلما كان معدل التفاعل أسرع.

علل: برادة الحديد تصدأ في وقت أقصر من صدأ نفس الكتلة من الحديد ؟

لأنه كلما زادت مساحة السطح المعرض للتفاعل كلما زادت سرعة التفاعل الكيميائي

علل: يفضل تجزئة العامل الحفاز في التفاعل الكيميائي ؟

لأنه كلما زادت مساحة السطح المعرض للتفاعل كلما زادت سرعة التفاعل الكيميائي

٢ تركيز المواد المتفاعلة

كلما زاد عدد الجزئيات المتفاعلة (أي كلما زاد التركيز) زادت فرص التصادم بينها وزادت سرعة التفاعل.

٣ تأثير درجة الحرارة على سرعة التفاعل

يمكن تفسير تأثير درجة الحرارة على سرعة التفاعل الكيميائي في ضوء نظرية التصادم التي تفترض أنه :

- يشترط لحدوث التفاعل الكيميائي أنّ تصطدم جزئيات المواد المتفاعلة

علل: الجزئيات المتصادمة ذات السرعات العالية جدًا فقط هي التي تتفاعل ؟

لأن طاقتها الحركية العالية تمكنها من كسر الروابط بين الجزئيات فيحدث التفاعل الكيميائي.

- لابد أنّ يمتلك الجزيء حد أدنى من الطاقة الحركية لكي يتفاعل عند الاصطدام.
- يسمى هذا الحد الأدنى بطاقة التنشيط.

تعريف طاقة التنشيط

الحد الأدنى من الطاقة التي يجب أنّ يمتلكها الجزيء لكي يتفاعل عند الاصطدام.

- تسمى الجزئيات ذات الطاقة الحركية المساوية لطاقة التنشيط أو تفوقها بالجزئيات المنشطة.

الاستنتاج

زيادة درجة الحرارة يزيد نسبة الجزئيات المنشطة وبالتالي يزيد معدل التفاعل الكيميائي.

(علل : تزداد سرعة التفاعل الكيميائي بارتفاع درجة الحرارة)

وجد أنّ كثيرًا من التفاعلات الكيميائية تزداد سرعتها إلى الضعف تقريبًا إذا ارتفعت درجة الحرارة بمقدار عشر درجات مئوية.

علل: تفسد المواد الغذائية بمعدل أسرع صيفا وبمعدل أقل شتاء ؟

لأنه بارتفاع درجة الحرارة تزداد سرعة تفاعلات تحلل المواد الغذائية التي تفسد الطعام والعكس صحيح

تجربة لإيضاح تأثير درجة الحرارة على سرعة تفاعل متزن

أحضر دورق زجاجي يحتوي غاز ثاني أكسيد النيتروجين (لونه بني محمر) وضعه في إناء به مخلوط مبرد

المشاهدة: تخف حدة اللون تدريجيًا حتى يزول اللون البني المحمر

أخرج الدورق من المخلوط المبرد ثم اتركه ليعود إلى درجة حرارة الغرفة (25^oC)

المشاهدة: يبدأ اللون البني المحمر في الظهور ولا يلبث أنّ يعود إلى ما كان عليه وتزداد درجة اللون كلما ارتفعت درجة الحرارة ويمكن تمثيل ما حدث بالاتزان التالي:

$$2NO_{2(g)} \underset{Heat}{\overset{Cool}{\rightleftharpoons}} N_2O_{4(g)} + Heat$$

بني محمر — عديم اللون

- نستنتج من التجربة السابقة أنّ إزاحة (امتصاص) الحرارة من تفاعل متزن طارد للحرارة ينتج عنها سير التفاعل في الاتجاه الطردي الذي ينتج فيه حرارة والعكس صحيح

٤ تأثير العوامل الحفازة

معلومات تمهيدية:

- التفاعلات البطيئة تحتاج إلى تسخين لكي تسير بمعدل أسرع
- عند تطبيق هذه التفاعلات في الصناعة فإنّ تكاليف الطاقة اللازمة للتسخين لإحداث هذه التفاعلات ستكون عالية مما يؤدي إلى رفع أسعار السلع المنتجة .
- وجد أنّ معظم التفاعلات البطيئة يمكن إسراعها باستعمال مواد تزيد من معدلها دون الحاجة لزيادة درجة الحرارة، وتعرف هذه المواد بالعوامل الحفازة catalysts.
- علل : الأهمية الاقتصادية للعوامل الحفازة ؟

تزيد من معدل التفاعلات الكيميائية البطيئة دون اللجوء إلى مزيد من التسخين مما يوفر الطاقة ويقلل من التكلفة الإنتاجية

تعريف العامل الحفاز

مادة يلزم منها القليل لتغير معدل التفاعل الكيميائي دون أنّ تتغير أو تغير من وضع الاتزان وتتكون من عناصر فلزية أو أكاسيدها أو مركباتها.

دور العامل الحفاز

- **تقليل طاقة التنشيط اللازمة للتفاعل فيعمل على :**
  - زيادة معدل التفاعل العكسي والطردي في التفاعلات الانعكاسية (سرعة الوصول إلى حالة الاتزان)
  - سرعة إتمام التفاعل في التفاعلات التامة
- علل : العامل الحفاز له القدرة على زيادة معدل التفاعل الكيميائي ؟

لأنه يقلل من طاقة التنشيط اللازمة لبدء التفاعل الكيميائي

بعض استخدامات العوامل الحفازة

- تستخدم في أكثر من 90% من **العمليات الصناعية** مثل صناعة الأسمدة والبتروكيماويات والأغذية
- توضع في **المحولات الحفزية** المستخدمة في شكمانات السيارات لتحويل غازات الاحتراق الملوثة للجو إلى نواتج آمنة
- علل : العوامل الحفازة لها دور هام في الحفاظ على البيئة.

تعمل الأنزيمات (وهي جزئيات من البروتين تتكون في الخلايا الحية) كعوامل حفز للعديد من العمليات البيولوجية والصناعية.

٥ تأثير الضوء

تتأثر بعض التفاعلات الكيميائية بالضوء مثل :

التمثيل الضوئي

يقوم الكلوروفيل في النبات بامتصاص الضوء وتكوين الكربوهيدرات في وجود ثاني أكسيد الكربون والماء.

أفلام التصوير

تحتوي على بروميد فضة في طبقة جيلاتينية وعندما يسقط الضوء عليها :

- يكتسب أيون الفضة الموجب إلكترونا من أيون البروميد السالب ليتحول إلى فضة (كلما زادت شدة الضوء زادت كمية الفضة المتكونة).

$$Ag^{+} + e^{-} \longrightarrow Ag^{0}$$

- يمتص البروم المتكون في الطبقة الجيلاتينية

العوامل المؤثرة على الاتزان (تنشط أحد الاتجاهين الطردي أو العكسي)

- التركيز
- درجة الحرارة
- الضغط

قاعدة لوشاتيليه

عند حدوث تغيير في أحد العوامل المؤثرة على نظام متزن مثل التركيز أو درجة الحرارة أو الضغط فإن النظام ينشط في الاتجاه الذي يقلل أو يلغي هذا التأثير.

١ تأثير التغير في التركيز

- زيادة أحد المتفاعلات ينشط التفاعل نحو الاتجاه الطردي
- نقص أحد المتفاعلات ينشط التفاعل نحو الاتجاه العكسي
- زيادة أحد النواتج ينشط التفاعل نحو الاتجاه العكسي
- نقص أحد النواتج ينشط التفاعل نحو الاتجاه الطردي

$$CH_{4(g)} + H_2O_{(v)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + 3H_{2(g)}$$

المـــادة	التغيـــر فيهــا	تأثيـــرها على الاتـــزان
CH_4	زيادة	تنشيط الاتجاه الطردي
H_2O	زيادة	تنشيط الاتجاه الطردي
CO	زيادة	تنشيط الاتجاه العكسي
H_2	زيادة	تنشيط الاتجاه العكسي

٢ تأثير التغير في الحرارة

التفاعل الطارد للحرارة

- تخرج الحـــرارة كأحد نـــواتج التفاعل
- تكون فيه قيمة التغير الحراري : إشارة سالبة $(\Delta H = -)$

$$A + B \rightleftharpoons C + heat \qquad \Delta H = -$$

- زيادة الحرارة تنشط التفاعل نحو الاتجاه العكسي
- نقص الحرارة (التبريد) تنشط التفاعل نحو الاتجاه الطردي

التفاعل الماص للحرارة

- تدخل الحـــرارة كأحد المتفـــاعلات
- تكون فيه قيمة التغير الحراري : إشارة موجبة $(\Delta H = +)$

$$A + heat \rightleftharpoons B + C \qquad \Delta H = +$$

- زيادة الحرارة تنشط التفاعل نحو الاتجاه الطردي
- نقص الحرارة (التبريد) تنشط التفاعل نحو الاتجاه العكسي

٣ تأثير التغير في الضغط

- التغيـــر فـــي الضغـــط يؤثـــر علـــى التفـــاعـــلات الغـــازية فـقـــط

بزيـــادة الضغـــط يقل حجم الغاز والعكس صحيح (علاقة عكسية)

- زيادة الضغط توجه التفاعل نحو حجم أقل
- نقص الضغط يوجه التفاعل نحو حجم أكبر



- **يحتوى غاز أو أكثر**
  - عدد مولات الغازات فى المتفاعلات والنواتج
    - **متساوى**: لا يحدث تأثير
    - **مختلف**:
      - زيادة الضغط ← حجم أقل
      - نقص الضغط ← حجم أكبر
- **لا يحتوى على غازات مطلقًا**
  - لا يوجد تأثير
  - المواد الصلبة والسائلة لا تتأثر بالضغط

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

$N_{2(g)}$	$3H_{2(g)}$	$2NH_{3(g)}$
1 mol	3 mol	2 mol
4 mol		2 mol

زيادة الضغط توجه التفاعل نحو الحجم الأقل (نحو تكوين النشادر)

$$N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$$

$N_{2(g)}$	$O_{2(g)}$	$2NO_{(g)}$
1 mol	1 mol	2 mol
2 mol		2 mol

عدد المولات متساوى (لا يؤثر الضغط على الاتزان)

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)}$$

$C_{(s)}$	$O_{2(g)}$	$CO_{2(g)}$
0 mol	1 mol	1 mol
1 mol		1 mol

لا يحتسب عدد المولات الصلبة عند دراسة تأثير الضغط

عدد المولات متساوى (لا يؤثر الضغط على الاتزان)



قانون فعل الكتلة (للعالمين جولدبرج وفاج)

نـــص القــانــون

عنــد ثبــوت درجــة الحــرارة

تتناسـب سـرعة التفاعـل الكيميائـي تناسـبًا طرديًا مع حاصـل ضـرب التركيـزات الجزيئيـة لمـواد التفاعـل (كلّ مرفـوع لأس يسـاوي عـدد مـولات الجزئيـات أو الأيونـات فـي معادلـة التفاعـل الموزونـة).

أهمية القانون

- يعبر عـن العلاقـة بيـن سـرعة التفاعـل الكيميائـي وتركيـز المـواد المتفاعلـة (تأثيـر التركيـز علـى معـدل التفاعل)

$$aA + bB \longrightarrow \text{نــواتــج}$$

- معدل تكوين النواتج يتناسب طرديا مع: $[A]^a.[B]^b$

تجربــة عمليــة لتوضيــح قانــون فعل الكتلة

$$FeCl_{3(aq)} + 3NH_4SCN_{(aq)} \underset{r_2}{\overset{r_1}{\rightleftharpoons}} Fe(SCN)_{3(aq)} + 3NH_4Cl_{(aq)}$$

$FeCl_3$	NH_4SCN	$Fe(SCN)_3$	NH_4Cl
كلوريد الحديد III (أصفر باهت)	ثيوسيانات الأمونيوم (عديم اللون)	ثيوسيانات الحديد III (أحمر دموي)	كلوريد الأمونيوم (عديم اللون)

العمــل	المشــاهدة	الاستنتــاج
إضافة كلوريـد الحديـد III إلـى ثيوسـيانات الأمونيـوم تدريجيا	يتحـول لـون المحلـول تدريجيـا إلـى الأحمـر الدمـوي نتيجـة تكـون ثيوسـيانات الحديـد III فـي التفاعـل الطـردي	يـــزداد معـــدل التفاعــل الكيميائي بزيــادة تركيـــز المتفاعـــلات
أضــف المــزيد مــن كلـــوريد الحديــد III	يـزداد اللـون الأحمـر الدمـوي نتيجـة زيـادة كميـة ثيوسـيانات الحديـد III المتكونـة	

استنتاج قانون فعل الكتلة

$$FeCl_{3(aq)} + 3NH_4SCN_{(aq)} \underset{r_2}{\overset{r_1}{\rightleftharpoons}} Fe(SCN)_{3(aq)} + 3NH_4Cl_{(aq)}$$

كلوريد الحديد III (أصفر باهت)	ثيوسيانات الأمونيوم (عديم اللون)	ثيوسيانات الحديد III (أحمر دموي)	كلوريد الأمونيوم (عديم اللون)

$r_1 \; \alpha \; [FeCl_3].[NH_4SCN]_3$ $\qquad$ $r_2 \; \alpha \; [Fe(SCN)_3].[NH_4Cl]_3$

$r_1 = K_1[FeCl_3].[NH_4SCN]_3$ $\qquad$ $r_2 = K_2[Fe(SCN)_3].[NH_4Cl]_3$

عنـــــد الاتــــــزان $r_1 = r_2$

$$K_1[FeCl_3].[NH_4SCN]^3 = K_2[Fe(SCN)_3].[NH_4Cl]^3$$

$$K_c = \frac{K_1}{K_2} = \frac{[Fe(SCN)_3].[NH_4Cl]^3}{[FeCl_3].[NH_4SCN]^3} = \frac{\text{تركيز النواتج}}{\text{تركيز المتفاعلات}}$$

لا تدخل المواد التالية في معادلة حساب ثابت الاتزان (Kc)

- كل الرواسب الصلبة.
- كل المذيبات (مثل الماء السائل والنشادر السائلة)
- بخار الماء $H_2O_{(v)}$ وغاز النشادر $NH_{3(g)}$ تدخـــل في معادلة حساب ثابت الاتزان (Kc) .

ثـــابت الاتـــزان للتفـــاعل

هو النسبة بين معدل التفاعل الطردي إلى معدل التفاعل العكسي

ملحوظات هامة

- يطبق قانون فعل الكتلة على التفاعلات المتزنة فقط (لا يطبق على التفاعلات التامة)
- لا يكتب تركيز المذيبات النقية (L) ولا المواد الصلبة النقية (S) في معادلة حساب ثابت الاتزان. علل؟

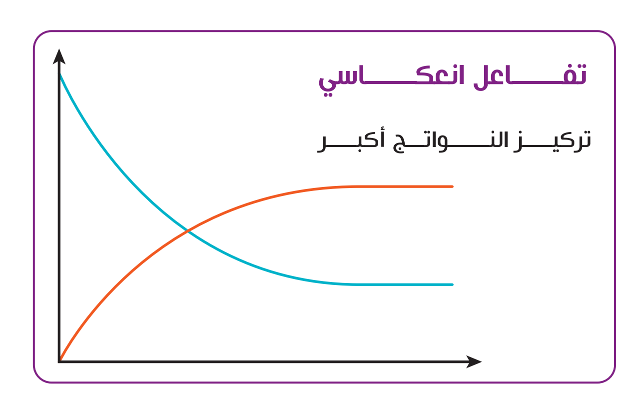
لأنها تعتبر ذات تركيز ثابت مهما اختلفت كميتها فلا تتغير بدرجة ملموسة.

دلالات قيمة ثابت الاتزان

$$K_c = \frac{K_1}{K_2} = \frac{\text{تركيز النواتج}}{\text{تركيز المتفاعلات}}$$

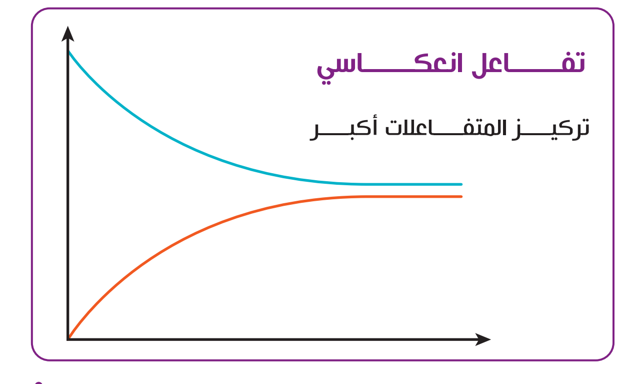
١ إذا كان أكبر من الواحد الصحيح : Kc > 1

- تركيز النواتج أكبر من تركيز المتفاعلات
- التفاعل الطردي هو السائد
- (يسير التفاعل نحو تكوين النواتج)



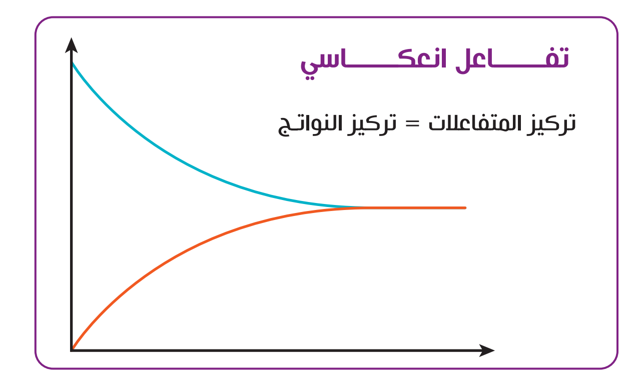
٢ إذا كان أقل من الواحد الصحيح : Kc < 1

- تركيز المتفاعلات أكبر من تركيز النواتج.
- التفاعل العكسي هو السائد
- (يسير التفاعل نحو تكوين المتفاعلات).



٣ يساوي الواحد الصحيح : Kc = 1

- تركيز المتفاعلات يساوي تركيز النواتج
- معدل التفاعل الطردي يساوي معدل التفاعل العكسي.



<table>
<tr><th>العوامل المؤثرة</th><th colspan="2">حالة الإتزان</th><th>قيمة ثابت الإتزان KC</th></tr>
<tr><td>زيادة تراكيز المواد المتفاعلة</td><td colspan="2">يسير التفاعل في الاتجاه الطردي</td><td rowspan="7">لا تتغير</td></tr>
<tr><td>زيادة تراكيز المواد الناتجة</td><td colspan="2">يسير التفاعل في الاتجاه العكسي</td></tr>
<tr><td>نقص تراكيز المواد المتفاعلة</td><td colspan="2">يسير التفاعل في الاتجاه العكسي</td></tr>
<tr><td>نقص تراكيز المواد الناتجة</td><td colspan="2">يسير التفاعل في الاتجاه الطردي</td></tr>
<tr><td>زيادة الضغط</td><td>يسير التفاعل في اتجاه الحجم الأقل</td><td rowspan="2">في حالة :
(1) تساوي عدد المولات
(2) عدم وجود غازات
لا يتأثر الإتزان</td></tr>
<tr><td>نقص الضغط</td><td>يسير التفاعل في اتجاه الحجم الأكبر</td></tr>
<tr><td>اضافة عوامل مساعدة</td><td colspan="2">لا تتأثر</td></tr>
<tr><td rowspan="2">زيادة درجة الحرارة</td><td colspan="2">التفاعل طارد للحرارة : يسير التفاعل في الاتجاه العكسي</td><td>تقل</td></tr>
<tr><td colspan="2">التفاعل ماص للحرارة : يسير التفاعل في الاتجاه الطردي</td><td>تزداد</td></tr>
<tr><td rowspan="2">نقص درجة الحرارة</td><td colspan="2">التفاعل طارد للحرارة : يسير التفاعل في الاتجاه الطردي</td><td>تزداد</td></tr>
<tr><td colspan="2">التفاعل ماص للحرارة : يسير التفاعل في الاتجاه العكسي</td><td>تقل</td></tr>
</table>

الاتـــزان الأيـــوني

١ المركبات الأيونية

- هي مواد صلبة متأينة تماما
- ترتبط أيوناتها الموجبة والسالبة بروابط أيونية (قوى الجذب الإلكتروستاتيكية)
- عند ذوبانها في الماء فإنها تتفكك إلى أيونات موجبة وأيونات سالبة
- محلول (و مصهور) هذه المواد موصل للتيار الكهربي.

مثـال

- كلـوريـد الصـوديـوم

٢ المركبات التساهمية

- مواد تحتوي على روابط تساهمية بين ذراتها
- عند ذوبانها في الماء فإنها تتأين إلى أيونات موجبة وأيونات سالبة
- منها ما هو تام التأين ومنها ما هو ضعيف التأين

مثـال

- غاز كلوريد الهيدروجين الجاف (تام التأين : تأنيه ٪100 تقريبًا)
- حمض الخليك النقي (الثلجي) ضعيف التأين

معنـى التــأين التــام والتــأين الضعيـف

التــأين

هو عملية تحول جزيئات غير متأينة إلى أيونات موجبة وسالبة

١ التــأين التــام

- هو عملية تحول كل الجزيئات الغير متأينة إلى أيونات موجبة وسالبة
- يحدث في المحاليل المائية للإلكتروليتات القوية (الأحماض والقواعد القوية ،، وبعض الأملاح)

مثـال

الأحماض القوية: $HCl - HNO_3 - H_2SO_4$

القواعد القوية: $NaOH - KOH$

الأملاح الذائبة: $NaCl - KNO_3$

٢ التأين الضعيف (غير التام)

- هو عملية تحول **جزء ضئيل** من الجزيئات غير المتأينة إلى أيونات ويظل الجزء الباقي في صورة جزيئات غير متأينة.
- يحدث في المحاليل المائية للإلكتروليتات **الضعيفة**

الإلكتروليت

هو المادة التي تتأين في الماء لتعطي أيونات موجبة وسالبة ،، ومحلوله أو مصهوره يوصل التيار الكهربي (بدرجات متفاوتة)

- **قد يكون الإلكتروليت:** مركب أيوني (غالبا) أو تساهمي قطبي

المحلول الإلكتروليتي

محلول يحتوي على أيونات موجبة وسالبة ويوصل التيار الكهربي (بدرجات متفاوتة)

المحاليل الإلكتروليتية القوية

هي المحاليل التي توصل التيار الكهربي بدرجة كبيرة لاحتوائها على مواد تامة التأين

المحاليل الإلكتروليتية الضعيفة

هي المحاليل التي توصل التيار الكهربي بدرجة ضعيفة لاحتوائها على مواد غير تامة التأين

المحاليل الغير إلكتروليتية

هي المحاليل التي لا توصل التيار الكهربي لعدم احتوائها على أيونات.

مقارنة بين الاتزان الكيميائي والاتزان الأيوني

١ الاتزان الكيميائي

التعـريـف

نظـام ديناميكـي متـزن يحـدث عندمـا يتسـاوى معـدل التفاعـل الطـردي والتفاعـل العكسـي وتثبـت تركيـزات جميـع المتفاعـلات والنواتـج ويظـل الاتـزان قائمـا طالمـا كانـت جميـع المـواد المتفاعلـة والناتجـة موجـودة فـي وسـط التفاعـل (لـم يتصاعـد غـاز ولـم يتكـون راسـب) وطالمـا كانـت ظـروف التفاعـل ثابتـة (مثـل الضغـط ودرجـة الحـرارة)

مثـال

$$CH_3COOH_{(l)} + C_2H_5OH_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_{5(aq)} + HOH_{(l)}$$

٢ الاتزان الأيوني

التعـريـف

نظام متزن يحدث في محاليل الالكتروليتات الضعيفة بين جزئياتها و الأيونات الناتجة عنها.

مثـال

$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

ملحوظة هـامة

توجـد فـي المحلـول باسـتمرار حالتـان متعاكسـتان همـا **تفـكك الجزيئـات** إلـى أيونـات **واتحـاد الأيونـات** لتكويـن جزيئـات فتنشـأ حالـة اتـزان بيـن الأيونـات والجزيئـات غيـر المفككـة.

تجربتين لتوضيح التأين التام والتأين الضعيف

١ تجربة 1 : (لتوضيح عدم التأين في بعض المواد اللا إلكتروليتية)

العمل

- اختبر التوصيل الكهربي لحمض الخليك النقي (الثلجي) وغاز كلوريد الهيدروجين الذائب في البنزين باستخدام (خلية كهربية موصلة بمصباح كهربي)

المشاهدة

- المصباح لا يضيء في كلتا الحالتين

الاستنتاج

- كلا المحلولين لا يحتوي على أيونات تعمل على توصيل التيار (محاليل غير إلكتروليتية)

٢ تجربة 2 : (لتوضيح الفرق بين التأين التام والتأين الضعيف)

العمل 1

- تحضير محلولين متساويين في التركيز من حمض الخليك وحمض الهيدروكلوريك
- أذب 0.1 mol من غاز كلوريد الهيدروجين في 1 L من الماء
- أذب 0.1 mol من حمض الخليك النقي في 1 L من الماء
- اختبر التوصيل الكهربي لهذين المحلولين

المشاهدة

- المصباح يضيء بشدة مع حمض الهيدروكلوريك ويضيء إضاءة خافتة مع حمض الخليك

الاستنتاج

- الأول يحتوي على وفرة من الأيونات (لأنه إلكتروليت قوي تام التأين) بخلاف الثاني (لأنه إلكتروليت ضعيف غير تام التأين)

العمل 2

- اختبر تأثير تخفيف كلا المحلولين السابقين (إلى 0.01 mol/L - 0.001 mol/L) على توصيل التيار الكهربي (شدة إضاءة المصباح)

الملاحظة

- في حالة حمض الهيدروكلوريك : شدة إضاءة المصباح لا تتأثر بالتخفيف
- في حالة حمض الخليك : تزداد شدة الإضاءة بالتخفيف.

الاستنتاج (من جملة التجارب السابقة)

- المركبات التساهمية مثل غاز كلوريد الهيدروجين الجاف وحمض الخليك (الأسيتيك) النقي تتأين في وجود الماء
- يكون تأين كلوريد الهيدروجين تأينًا تامًا بينما تأين حمض الخليك (الأسيتيك) محدودًا جدًا.
- يمكن تمثيل تأين كلا من الحامضين كما يلي:

$$HCl_{(aq)} \longrightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

- **علل: التوصيل الجيد لمحلول كلوريد الهيدروجين للتيار الكهربي و التوصيل الرديء لمحلول حمض الأسـتيك؟**

لأن حمض الهيدروكلوريك من الأحماض القوية تامة التأين فتزداد عدد الأيونات التي تحمل التيار الكهربي بينما حمض الخليك من الأحماض الضعيفة غير تامة التأين فتقل عدد الأيونات التي تحمل التيار الكهربي.

- **علل: لا يتأثر تأين حمض الهيدروكلوريك بالتخفيف بينما يزداد تأين حمض الخليك بالتخفيف؟**

لأن حمض الهيدروكلوريك من الأحماض القوية تامة التأين فلا تؤثر إضافة الماء على معدل تأينه بينما حمض الخليك من الأحماض الضعيفة غير تامة التأين والتي يزداد تأينها بالتخفيف.

- **علل: لا يمكن تطبيق قانون فعل الكتلة على محاليل الإلكتروليتات القوية؟**

لأن محاليلها تامة التأين ولا تحتوي على جزيئات غير متأينة.

- **علل: يمكن تطبيق قانون فعل الكتلة على محاليل الإلكتروليتات الضعيفة؟**

لأن محاليلها غير تامة التأين أي أنها تحتوي على جزيئات غير متأينة.

قـــانـــون استفــــالـــد للتخفـيـف

نـص القــانون

عند ثبوت درجة الحرارة فإن درجة تأين الإلكتروليتات الضعيفة (α) تزداد بزيادة التخفيف

صيغـة القــانون

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C_a}} \quad , \quad \alpha = \sqrt{\frac{K_b}{C_b}}$$

كلما قل التركيز (زاد التخفيف)، زادت درجة التأين. علل ؟

لتظل قيمة ثابت التأين K_a , K_b ثابتة عند ثبوت درجة الحرارة.

١ حساب تركيز أيون الهيدرونيوم للأحماض الضعيفة

صيغـة القــانون

$$[H_3O^+]^2 = K_a.C_a \longrightarrow [H_3O^+] = \sqrt{k_a.C_a}$$

أيون الهيدرونيوم

هو الأيون الموجب الناتج من تأين الأحماض في الماء (اتحاد جزيء ماء مع أيون هيدروجين موجب).

علل : لا يوجد أيون الهيدروجين (البروتون) الناتج من تأين الأحماض في محاليلها المائية منفردًا .

حيث ينجذب أيون الهيدروجين الموجب إلى زوج الالكترونات الحر الموجود على ذرة الأكسجين في أحد جزئيات الماء ليرتبط مع جزيء الماء برابطة تناسقية

علل : يسمى أيون الهيدرونيوم بالبروتون المماه ؟ (نفس الجواب السابق)

يعرف هذا البروتون بالبروتون المماه أو أيون الهيدرونيوم ويرمز له بالرمز H_3O^+

٢ حساب تركيز أيون الهيدروكسيل للقواعد الضعيفة

صيغة القانون

$$[OH^-]^2 = K_b.C_b \longrightarrow [OH^-] = \sqrt{k_b.C_b}$$

تـــأيـن المـــاء

- الماء النقي الكتروليت ضعيف يوصل التيار الكهربي توصيلاً ضعيفًا ويعبر عن تأينه بالاتزان التالي:

$$HOH_{(l)} + HOH_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

- وللتبسيط يمكن كتابة المعادلة السابقة كالتالي:

$$HOH_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

- ويعبر عن ثابت الاتزان كما يلي:

$$K_w = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]} = 10^{-14}$$

- ونظرًا لأن مقدارما يتأين من الماء لا يذكر فإنّ تركيز الماء غير المتأين يعتبر مقداراً ثابتًا ومن ثم:

$$K_w = [H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

الحاصل الأيوني للماء (Kw)

التعريف

حاصل ضرب تركيزي أيون الهيدروجين وأيون الهيدروكسيل الناتجين من تأين الماء وهو مقدار ثابت يساوي 1×10^{-14}

- الماء النقي متعادل التأثير على عباد الشمس
- تركيز أيون الهيدروجين = تركيز أيون الهيدروكسيل = 1×10^{-7} mol/L
- إذا زاد تركيز أيون الهيدروجين قل تركيز أيون الهيدروكسيل بنفس المقدار (علاقة عكسية)
- إذا عرف تركيز أحد الأيونين أمكن معرفة تركيز الآخر من القانون السابق.
- علل: الحاصل الأيوني للماء قيمته صغيرة جدا يساوي 1×10^{-14}؟

لأن الماء النقي إلكتروليت ضعيف يوصل التيار الكهربي توصيلا ضعيفا.

الأس (الرقم) الهيدروجيني pH Value

معنى حرف p

$pOH = -\log [OH^-]$ $pH = -\log [H^+]$

في الماء النقي

يتساوي تركيز أيون الهيدروجين والهيدروكسيل (10^{-7})

$[H^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-7}$

$pH = pOH = 7$

في المحاليل الحامضية

يزداد تركيز أيون الهيدروجين ويقل تركيز أيون الهيدروكسيل ويظل حاصل ضربهما 10^{-14}

$[H^+] = 1 \times 10^{-3}$

$[OH^-] = 1 \times 10^{-11}$

$pH = 3$ $pOH = 11$

في المحاليل القاعدية

يزداد تركيز أيون الهيدروكسيل ويقل تركيز أيون الهيدروجين ويظل حاصل ضربهما 10^{-14}

$[H^+] = 1 \times 10^{-12}$

$[OH-] = 1 \times 10^{-2}$

$pH = 2$ $pOH = 12$

الأس (الرقم) الهيدروجيني pH Value

هو اللوغاريتم السالب (للأساس 10) لتركيز أيون الهيدروجين ،، وهو أسلوب للتعبير عن درجة الحموضة أو القاعدية للمحاليل المائية بأرقام موجبة من (0 : 14)

الاستنتاج العام

- إذا كانت $pH = 7$ يكون المحلول متعادلا.
- إذا كانت $pH < 7$ يكون المحلول حامضيا.
- إذا كانت $pH > 7$ يكون المحلول قاعديا.

The pH scale

ACIDIC — NEUTRAL — ALKALINE

0 Battery
1 Stomach Acid
2 Lemon
3 Soda
4 Tomato
5 Coffee
6 Milk
7 Water
8 Blood
9 Egg White
10 Stomach Tablets
11 Ammonia Solution
12 Soap
13 Bleach
14 Drain Cleaner

التحلل المائي للأملاح (التميؤ)

التعريف

هو عملية ذوبان الملح في الماء لتكوين الحمض والقلوي المشتق منهما الملح (عكس عملية التعادل)

نواتج عملية التميؤ (محلول الملح) = حمض + قاعدة

الأحماض الناتجة إما أن تكون :

قوية:

$HI - HBr - HNO_3 - H_2SO_4 - HCl$

ضعيفة:

$CH_3COOH - H_2CO_3 - HNO_2 - HF - H_3PO_4 - HCN - H_3BO_3$

القواعد الناتجة إما أن تكون:

قوية:

$NaOH - KOH - LiOH - Mg(OH)_2 - Ca(OH)_2 - Ba(OH)_2$

ضعيفة:

$NH_4OH - Fe(OH)_2 - Fe(OH)_3$

أنواع محاليل الأملاح (حامضية – قاعدية – متعادلة)

- حمض قوي + قاعدة قوية = ملح متعادل
- حمض ضعيف + قاعدة ضعيفة = ملح متعادل
- حمض قوي + قاعدة ضعيفة = ملح حامضي
- حمض ضعيف + قاعدة قوية = ملح قاعدي

أمثلة على تميؤ الأملاح

١ تميؤ كلوريد الأمونيوم

ملح مشتق من حمض قوي (HCl) + قاعدة ضعيفة (NH_4OH)

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$NH_4Cl_{(s)} \rightleftharpoons Cl^-_{(aq)} + NH_4^+{}_{(aq)}$$

$$NH_4Cl_{(s)} + H_2O_{(l)} = NH_4OH_{(aq)} + H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

- يتأين الماء كألكتروليت ضعيف ليعطي أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيل
- عند إذابة كلوريد الأمونيوم فإنها تتفكك إلى أيونات كلوريد وأيونات أمونيوم
- لا يتكون حمض HCl لأنه الكتروليت قوي تام التأين (تظل أيونات H^+ في الماء)
- يتكـون هيدروكسـيد الأمونيـوم بسـبب اتحـاد أيونـات الهيدروكسـيل الناتجـة مـن تأيـن المـاء مـع أيونـات الأمونيـوم فـي المحلـول وتعطـي هيدروكسـيد الأمونيـوم (يتكـون هيدروكسـيد الأمونيـوم لأنـه قاعـدة ضعيفـة التأيـن)
- ينشأ عن ذلك سحب مستمر لأيونات الهيدروكسيل من اتزان تأين الماء فيختل الاتزان
- تبعًـا لقاعـدة لوشـاتليه تتأيـن جزيئـات أخـرى مـن المـاء لتعـوض النقـص فـي تركيـز أيونـات الهيدروكسـيل لكـي يسـترجع الاتـزان ثانيـة
- ينتـج عـن ذلـك تراكـم أو زيـادة تركيـز أيونـات الهيدروجيـن ويصبـح تركيزهـا أكبـر مـن تركيـز أيونـات الهيدروكسـيل
- يكون الرقم الهيدروجيني $pH < 7$
- يكون محلول كلوريد الأمونيوم حامضيا (ملح حمضي)

٢ تميؤ كربونات الصوديوم

ملح مشتق من حمض ضعيف (H_2CO_3) + قاعدة قوية $(NaOH)$

$$2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons 2H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$Na_2CO_{3(s)} \rightleftharpoons CO_3^{2-}{}_{(aq)} + 2Na^+_{(aq)}$$

$$Na_2CO_{3(s)} + 2H_2O_{(l)} = H_2CO_{3(aq)} + 2Na^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$$

- يتأين الماء كألكتروليت ضعيف ليعطي أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيل
- عند إذابة كربونات الصوديوم فإنها تتفكك إلى أيونات صوديوم وأيونات كربونات
- لا يتكون هيدروكسيد الصوديوم لأنه الكتروليت قوي تام التأين (تظل أيونات OH^- في الماء)
- يتكون حمـض الكربونيك بسـبب اتحاد أيونات الهيدروجيـن الناتجة من تأين المـاء مع أيونات الكربونات فـي المحلـول وتعطـي حمـض الكربونيـك (يتكـون حمـض الكربونيك لأنه حمض ضعيـف التأيـن)
- ينشأ عن ذلك سحب مستمر لأيونات الهيدروجين من اتزان تأين الماء فيختل الاتزان
- تبعًـا لقاعـدة لوشـاتلييه تتأيـن جزيئـات أخـرى مـن المـاء لتعـوض النقـص فـي تركيـز أيونـات الهيدروجيـن لكـي يسـترجع الاتـزان ثانيـة
- ينتـج عـن ذلـك تراكـم أو زيـادة تركيـز أيونـات الهيدروكسـيل ويصبـح تركيزهـا أكبـر مـن تركيـز أيونـات الهيدروجيـن

- يكون الرقم الهيدروجيني $pH > 7$
- يكون محلول كربونات الصوديوم قلويًا.

٣ تميؤ كلوريد الصوديوم

ملح مشتق من حمض قوي (HCl) + قاعدة قوية (NaOH)

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$NaCl_{(s)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$$NaCl_{(s)} + H_2O_{(l)} = Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

- لا يتكون حمض الهيدروكلوريك (لأنه حمض قوي تام التأين)
- لا يتكون هيدروكسيد الصوديوم (لأنه قلوي قوي تام التأين)
- تبقى أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيل الناتجين من تأين الماء في المحلول كما هي وذات تركيز متساوي
- يكون المحلول متعادلاً ($pH = 7$)

٤ تميؤ أسيتات الأمونيوم

ملح مشتق من حمض ضعيف (CH_3COOH) + قاعدة ضعيفة (NH_4OH)

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$CH_3COONH_{4(s)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + NH_4^+{}_{(aq)}$$

$$CH_3COONH_{4(s)} + H_2O_{(l)} = CH_3COOH_{(aq)} + NH_4OH_{(aq)}$$

- يتكون حمض الخليك (الأستيك) وهيدروكسيد الأمونيوم لأن كليهما إلكتروليت ضعيف
- تركيز أيونات الهيدروجين القليل الناتج من تأين الحمض الضعيف يكافئ تركيز أيونات الهيدروكسيل القليل الناتج من تأين القلوي الضعيف
- يكون المحلول متعادلاً ($pH = 7$)

تجربة لإثبات المفاهيم السابقة

أحضر أربع أنابيب اختبار وضع فيهم المحاليل المبينة في الجدول التالي مع الكشف عن المحاليل بورقة عباد الشمس :

تجربـــــة	المشـــاهدة	الاستنتـــاج
تــأثيــر محلــول Na_2CO_3	تزرق ورقة عباد الشمس	المحلول قاعدي
تأثير محلول NH_4Cl	تحمر ورقة عباد الشمس	المحلول حمضي
تأثير محلول CH_3COONH_4	لا تتأثر	المحلول متعادل
تأثير محلول NaCl	لا تتأثر	المحلول متعادل

حـــاصل الإذابـــة

- لكل ملح صلب حد معين للذوبان في الماء عند درجة حرارة معينة.
- عند الوصول إلى هذا الحد تصبح المادة المذابة في حالة اتزان ديناميكي مع المادة غير المذابة.
- يوصف المحلول عند هذا الحد : بالمحلول المشبع.

المحلول المشبع

هو المحلول الذي تكون فيه المادة المذابة في حالة اتزان ديناميكي مع المادة غير المذابة.

- تختلف درجة ذوبانية الأملاح الصلبة في الماء اختلافا واسعا.

درجة الذوبان

تركيز المحلول المشبع من الملح شحيح الذوبان عند درجة حرارة معينة

حاصل الإذابة لمركب شحيح الذوبان في الماء Ksp

- إذا أخذت كمية من بروميد الرصاص II $PbBr_2$ ورجت في الماء، فإنّ كمية ضئيلة جدًا سوف تذوب ويتأين جزء منها وفقا للمعادلة الآتية:

$$PbBr_{2(s)} \rightleftharpoons Pb^{2+}_{(aq)} + 2Br^{-}_{(aq)}$$

- ثم يطبق عليها قانون فعل الكتلة. (يتم إهمال تركيز $PbBr_2$ حيث أنها مادة صلبة لا يتغير تركيزها بتغير كميتها)
- ويكون ثابت الاتزان:

$$K_{sp} = [Pb^{2+}].[Br^{-}]^2$$

تعريف حاصل الإذابة لمركب أيوني شحيح الذوبان

هو حاصل ضرب تركيز أيوناته مقدرة بالمول/لتر (كلّ منها مرفوع لأس يساوي عدد مولات الأيونات) والتي توجد في حالة اتزان مع محلولها المشبع.

إثبات قانون استفالد للتخفيف

1) نفرض أنّ لدينا مولاً واحدًا من حمض ضعيف أحادي البروتون صيغته الافتراضية HA
2) عند إذابته في الماء يتفكك عدد من جزيئاته تبعًا للمعادلة:

$$\begin{array}{cccc} HA & \rightleftharpoons & H^{+} + & A^{-} \\ 1-\alpha & & \alpha & \alpha \end{array}$$

- عدد مولات الحمض = 1
- عدد جزيئات الحمض غير المفككة = $1 - \alpha$
- عدد الجزيئات المفككة = α

3) تطبيق قانون فعل الكتلة:

$$Ka = \frac{[H^{+}][A^{-}]}{[HA]}$$

4) نفترض حجم المحلول = V

$$\text{التركيز} = \frac{\text{عدد المولات}}{\text{الحجم باللتر}} = \frac{\text{عدد المولات}}{V}$$

5) تركيز النواتج والمتفاعلات

$$\begin{array}{ccccc} HA & \rightleftharpoons & H^+ & + & A^- \\ \frac{1-\alpha}{V} & & \frac{\alpha}{V} & & \frac{\alpha}{V} \end{array}$$

6) بالتعويض في قانون فعل الكتلة

$$Ka = \frac{[\frac{\alpha}{V}].[\frac{\alpha}{V}]}{[\frac{1-\alpha}{V}]}$$

$$Ka = \frac{[\frac{\alpha}{V}]^2}{[\frac{1-\alpha}{V}]}$$

$$Ka = \frac{\alpha^2}{V\ (1-\alpha)}$$

7) فـي حالـة الالكتروليتـات الضعيفـة فـإنّ درجـة التأيـن (α) يمكـن أهمالهـا . علـل ؟ لأنها تكـون صغيـرة جـدا (لـذا فـإنّ القيمـة (1-α) يمكـن اعتبارهـا تسـاوي الواحـد تقريبًـا) وتصبـح العلاقـة:

$$Ka = \frac{\alpha^2}{V}$$

8) التركيز Ca = 1 / V ، وبالتعويض في القانون السابق يكون :

$$Ka = \alpha^2 . C_a \longrightarrow \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C_a}}$$

ملحوظة

درجة التفكك = عدد المولات المتفككة ÷ عدد المولات الكلّيّة قبل التفكك.

حساب تركيز أيون الهيدروجين (الهيدرونيوم) للأحماض الضعيفة

الأحماض الضعيفة: هي التي تتأين في الماء تأينا جزئيا

1) عندما يتفكك حمض ضعيف تركيزه Ca في الماء :

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

2) ثابت التفكك Ka =

$$Ka = \frac{[H_3O^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

3) بما أن : $[H_3O^+] = [CH_3COO^-]$

فإن:

$$Ka = \frac{[H_3O^+]^2}{[CH_3COOH]}$$

4) حيث أن حمض الأستيك حمض ضعيف وما يتأين منه (α) قدر ضئيل جدا يمكن اعتبار تركيز الحمض الأصلي Ca = تركيز الحمض عند الاتزان (Ca – α)

$$Ka = \frac{[H_3O^+]^2}{C_a}$$

$$[H_3O^+]^2 = Ka.Ca$$

$$[H_3O^+] = \sqrt{Ka.Ca}$$

حساب تركيز أيون الهيدروكسيل للقواعد الضعيفة

القواعد الضعيفة: هي التي تتأين في المحلول المائي تأينا جزئيا

1) عندما تتفكك قاعدة ضعيفة تركيزها Cb في الماء :

$$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

2) ثابت التفكك Kb =

$$Kb = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

3) بما أن : $[NH_4^+] = [OH^-]$

فإن :

$$Kb = \frac{[OH^-]^2}{[NH_3]}$$

4) حيث أن النشادر قاعدة ضعيفة وما يتأين منها (α) قدر ضئيل جدا يمكن اعتبار تركيز القاعدة الأصلي Cb = تركيز القاعدة عند الاتزان (Cb – α)

$$Kb = \frac{[OH^-]^2}{Cb}$$

$$[OH^-]^2 = Kb.Cb$$

$$[OH^-] = \sqrt{Kb.Cb}$$

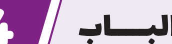
علل : تعتبر النشادر أنهيدريد قاعدة ؟

لأنها عندما تذوب في الماء تعطي هيدروكسيد الأمونيوم (وهو قلوي ضعيف)

الباب 4 الرابع



الكيمياء الكهربية



علم الكيمياء الكهربية

علم الكيمياء الكهربية

العلم الذي يهتم بدراسة التحول المتبادل بين الطاقة الكيميائية والطاقة الكهربية من خلال تفاعلات الأكسدة والاختزال.

تفاعلات الأكسدة والاختزال

هي التفاعلات التي تنتقل فيها الإلكترونات من أحد المواد المتفاعلة إلى المادة الأخرى الداخلة معها في تفاعل كيميائي.

الأكسدة

عملية فقد الإلكترونات وزيادة الشحنة الموجبة (نقص الشحنة السالبة).

الاختزال

عملية اكتساب الإلكترونات ونقص الشحنة الموجبة (زيادة الشحنة السالبة).

الأيون السالب (الأنيون)

هو المادة التي تكتسب إلكترونات و تتحرك في المحلول نحو القطب الموجب.

الأيون الموجب (الكاتيون)

هو المادة التي تفقد إلكترونات و تتحرك في المحلول نحو القطب السالب.

العامل المختزل

هي المادة التي تفقد إلكترونات ويحدث لها عملية أكسدة.

العامل المؤكسد

هي المادة التي تكتسب إلكترونات ويحدث لها عملية اختزال.

الآنود (المصعد)

هو القطب الذي تحدث عنده عملية الأكسدة (يتآكل ويذوب في المحلول دائما وتقل كتلته).

الكاثود (المهبط)

هو القطب الذي تحدث عنده عملية الاختزال (يحدث عليه الترسيب دائما وتزيد كتلته).

الخلية الجلفانية

هي نظام يحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربية عبر تفاعل أكسدة واختزال تلقائي (انعكاسي أو غير انعكاسي).

الخلية التحليلية

هي نظام يحول الطاقة الكهربية إلى طاقة كيميائية عبر تفاعل أكسدة واختزال غير تلقائي.

أنواع الموصلات الكهربية

١ الموصلات الكهربية المعدنية

- مواد صلبة ينتقل من خلالها التيار الكهربي عبر انتقال الإلكترونات خلالها (لا يوجد انتقال للأيونات) مثل أسلاك النحاس والحديد والألومنيوم.

٢ المحاليل الإلكتروليتية

- سوائل ينتقل من خلالها التيار الكهربي عبر حركة الأيونات الموجبة والسالبة (يوجد انتقال للأيونات) مثل مصهورات الأملاح ومحاليل الأملاح والأحماض والقلويات.

أحداث ثابتة في الخلايا الكهروكيميائية (الجلفانية والتحليلية)

- **الآنود هو:** موقع الأكسدة - تقل كتلته مع استمرار التفاعل
- **الكاثود هو:** موقع الاختزال - تزداد كتلته مع استمرار التفاعل

الخلايا الجلفانية	الخلايا التحليلية
تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربية	تحول الطاقة الكهربية إلى طاقة كيميائية
تنتج طاقة كهربية	تحتاج طاقة كهربية
تفاعل تلقائي	غير تلقائي
الأنود سالب والكاثود موجب	الأنود موجب والكاثود سالب
تحتاج إلى قنطرة ملحية	لا تحتاج إلى قنطرة ملحية
يشترط أن يكون القطبان مختلفان	لا يشترط أن يكون القطبان مختلفان

أنواع الخلايا الجلفانية

خلايا ثانوية	خلايا أولية
يحدث بها تفاعل تفريغ وتفاعل شحن	يحدث بها تفاعل تفريغ فقط
تفاعل انعكاسي	تفاعل تام غير انعكاسي
يعاد شحنها	لا يعاد شحنها
المركـم الرصاصـي (البطاريـة الحامضيـة) وبطاريـة آيـون الليثيـوم	خلية دانيال و خلية الزئبق و خلية الوقود

تجربة توضح أحد تفاعلات الأكسدة والاختزال

الخطـــوات:

- أغمس صفيحة من الخارصين في محلول كبريتات النحاس «الزرقاء اللون»

الملاحظـــات:

- يترسـب فلـز النحـاس علـى سـطح صفيحـة الخارصيـن (وبالتالـي : يقـل لـون محلـول كبريتـات النحـاس الأزرق حتـى يصبـح عديـم اللـون).
- يتحلل فلز الخارصين (يذوب) في المحلول.

التفسيــر:

حدوث تفاعل أكسدة واختزال تلقائي

معادلة التفاعل:

$$Zn^0_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \longrightarrow ZnSO_{4(aq)} + Cu^0_{(s)}$$

تفاعل الأكسدة:

تفقـد كلّ ذرة خارصيـن (Zn) الكترونيـن وتتحـول إلـى أيـون خارصيـن (Zn^{2+}) الـذي يتـرك سـطح صفيحـة الخارصيـن ويـذوب وينتشـر فـي المحلـول.

$$Zn^0_{(s)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$

تفاعل الاختزال:

وفيـه يكتسـب كلّ أيـون نحـاس (Cu^{2+}) فـي المحلـول الكترونيـن (القادميـن مـن نصـف تفاعـل الخارصيـن) ويتحـول إلـى فلـز النحـاس (Cu) الـذي يترسـب علـى سـطح صفيحـة الخارصيـن.

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu^0_{(s)}$$

مشكلة التفاعل (لماذا لا يمكن توليد طاقة كهربية من التفاعل)

عدم إمكانية تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربية لأن تفاعلات الأكسدة والاختزال تحدث في نفس الموقع (إناء التفاعل)

لاحظ: الأكسدة والاختزال عمليتان متلازمتان تحدثان في نفس التفاعل وفي نفس الوقت (الإلكترونات الناتجة عن عملية الأكسدة هي التي يتم اكتسابها لإحداث عملية الاختزال)

للتغلب على هذه المشكلة وتوليد التيار الكهربي

تم تطوير ما يعرف بالخلية الجلفانية والتي تعتمد على فصل موقع تفاعل الأكسدة عن تفاعل الاختزال.

فكرة الخلايا الجلفانية

- فصل مكونات نصفي الخلية
- اتصال نصفي الخلية عن طريق قنطرة ملحية أو محلول إلكتروليتي
- السماح للالكترونات أنّ تمر بين نصفي الخلية وبذلك يمكن الحصول على تيار كهربي ناتج من تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي الذي يحدث في الخلية الجلفانية.

الخلايا الجلفانية

الخلايا الجلفانية

نوع من الخلايا الكهربية التي يمكن الحصول منها على تيار كهربي نتيجة حدوث تفاعل أكسدة - اختزال تلقائي.

قاعدة في الخلايا الجلفانية

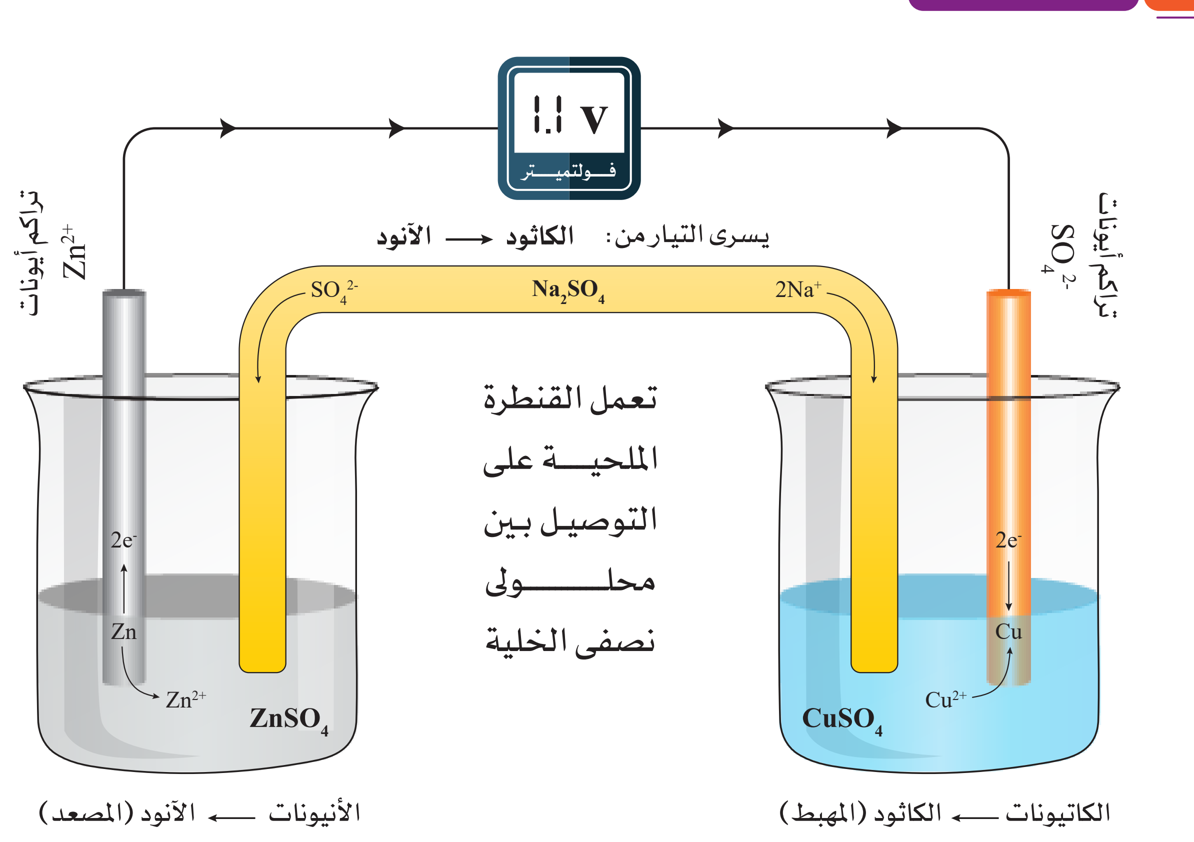
- **الآنود:** هو موقع الأكسدة (يتآكل) وهو القطب السالب.
- **الكاثود:** هو موقع الاختزال (تزداد كتلته) وهو القطب الموجب.
- تتحرك الإلكترونات من الآنود إلى الكاثود.

أنواع الخلايا الجلفانية

- **أولية:** خلية دانيال - خلية الزئبق - خلية الوقود
- **ثانوية:** المركم الرصاصي (البطارية الحامضية) - بطارية أيون الليثيوم.

أولاً الخلايا الجلفانية الأولية

١ خلية دانيال



مكونات الخلية

- نصف خلية الخارصين (لوح من الخارصين مغمور في محلول كبريتات الخارصين)
- نصف خلية النحاس. (لوح من النحاس مغمور في محلول كبريتات النحاس)
- القنطرة الملحية. (محلول كبريتات الصوديوم في مادة جيلاتينية)
- سلك معدني.

علل: لا يمكن الحصول على تيار كهربي من أحد نصفي الخلية منفردا ؟

لأنه يعمل كدائرة مفتوحة لا تسري الإلكترونات منها أو إليها

يتم التوصيل بين نصفي الخلية بواسطة:

- سلك معدني بين قطب الخارصين والنحاس
- قنطرة ملحية بين محلول كبريتات الخارصين وكبريتات النحاس

ملخص أحداث خلية دانيال

نصف خلية الخارصين	نصف خلية النحاس
الأنود	الكاثود
أكسدة (عامل مختزل)	اختزال (عامل مؤكسد)
سالب (-)	موجب (+)
كتلة الخارصين (يذوب) ↓	كتلة النحاس (يترسب) ↑
$Zn^{2+}\uparrow$	$Cu^{2+}\downarrow$
تنتقل إليه الأنيونات السالبة	تنتقل إليه الكاتيونات الموجبة
تركيز الكبريتات أقل من الخارصين	تركيز الكبريتات أكبر من النحاس
الرمز الاصطلاحي $Zn^0 / Zn^{2+} // Cu^{2+} / Cu^0$	
القوة الدافعة الكهربية لخلية دانيال = 1.1 فولت	

الرمز الاصطلاحي

هو أسلوب رمزي للتعبير عن تفاعل الأكسدة والاختزال الحادث في الخلية الجلفانية

علل: الآنود هو القطب السالب في الخلية الجلفانية ؟

بسبب تراكم الإلكترونات السالبة الناتجة من عملية الأكسدة على سطحه

علل: تآكل الآنود في خلية دانيال الجلفانية ؟

بسبب أكسدة ذرات الخارصين الصلبة إلى أيونات خارصين ذائبة في المحلول.

علل: زيادة كتلة الكاثود في خلية دانيال الجلفانية ؟

بسبب اختزال أيونات النحاس الموجبة وتحولها إلى ذرات نحاس صلبة تترسب على لوح النحاس.

علل: استهلاك الإلكتروليت في نصف خلية الكاثود في الخلية الجلفانية بمرور الوقت؟

بسبب اختزال أيونات النحاس الموجبة وتحولها إلى ذرات نحاس صلبة تترسب على لوح النحاس.

علل: يتوقف مرور التيار الكهربي في الخلية الجلفانية عند تراكم الأيونات في محلولي نصفي الخلية؟

بسبب توقف تفاعل الأكسدة والاختزال في نصفي الخلية وبالتالي يتوقف مرور الإلكترونات (التيار الكهربي) في السلك الخارجي.

القنطرة الملحية

تركيبها:

- أنبوبة زجاجية على هيئة حرف U مقلوب، تملأ بمحلول الكتروليتي مثل كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 «مذاب في مادة جيلاتينية»
- لا تتفاعل أيونات هذا المحلول الالكتروليتي مع أيونات محلولي نصفي الخلية، ولا مع قطبيها.

أهميتها:

- توصيل محلولي نصفي الخلية بطريقة غير مباشرة.
- معادلة الكاتيونات والأنيونات الزائدة المتكونة في محلولي نصفي الخلية، نتيجة تفاعل (الأكسدة- الاختزال) الحادث، وهو ما يمنع تراكمها.
- ضمان استمرار التيار الكهربي

النتيجة المترتبة على غياب القنطرة الملحية:

- تراكم الأيونات في محلولي نصفي الخلية
- يتوقف تفاعل (الأكسدة- الاختزال) التلقائي الحادث
- يتوقف مرور التيار الكهربي في السلك الخارجي الموصل بين قطبي نصفي الخلية

يتوقف مرور التيار الكهربي بين نصفي الخلية عندما:

- يذوب كلّ فلز الخارصين في نصف خلية الخارصين (انتهاء المصدر)
- تنضب أيونات النحاس بسبب ترسبها على هيئة ذرات نحاس (Cu) في نصف خلية النحاس. (انتهاء المستقبل)
- غياب القنطرة الملحية (غياب الموصل)

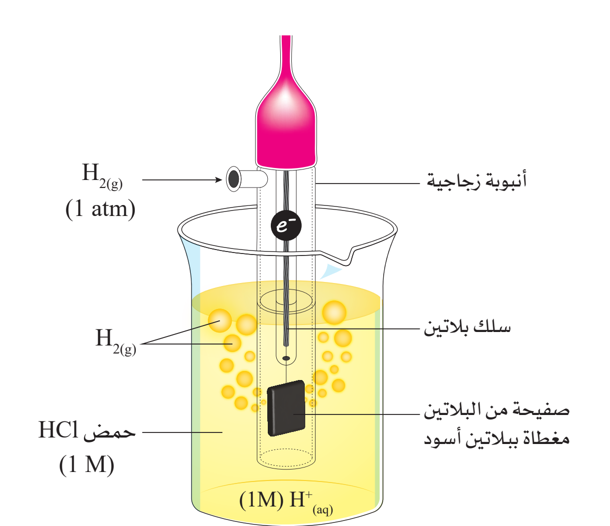
تفاعلات الخلية

عند الآنود	$Zn^0_{(s)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$
عند الكاثود	$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu^0_{(s)}$
التفاعل الكلي	$Zn^0_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \longrightarrow ZnSO_{4(aq)} + Cu^0_{(s)}$
الرمز الاصطلاحي	$Zn^0 / Zn^{2+} // Cu^{2+} / Cu^0$

– يمثل الخط الرأسي المفرد الحد الفاصل بين قطب العنصر والمحلول الالكتروليتي لأيوناته

– يمثل الخط الرأسي المزدوج الحد الفاصل بين المحلولين في نصفي الخلية (أو القنطرة الملحية).

قياس جهود الأقطاب



- لا توجد طريقة مؤكدة ومباشرة لقياس الفرق المطلق فى الجهد الكهربى بين قطب الفلز ومحلول أيوناته فى الخلية الجلفانية .
- يمكن قياس الفرق فى الجهد بين قطبى الخلية الجلفانية بواسطة الفولتميتر.

س/ كيف يمكن قياس جهد القطب (الفرق فى الجهد بين قطب الفلز ومحلول أيوناته)؟

(1) تكوين خلية جلفانية تتكون من قطبين :

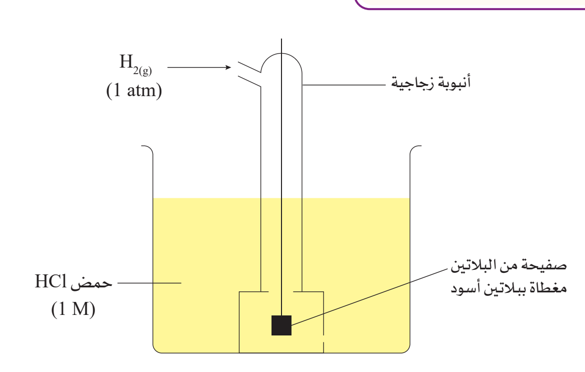
الأول: القطب المراد قياس جهده (المجهول)

الآخر: قطب قياسى جهده ثابت ومعلوم (قطب الهيدروجين القياسي)

(2) قياس القوة الدافعة الكهربية للخلية (جهد الخلية)

(3) حساب جهد القطب المجهول.

مكونات قطب الهيدروجين القياسى (جهده ثابت ومعلوم = صفر)



- صفيحة من البلاتين ($1\ Cm^2$) مغطاه بطبقة إسفنجية من البلاتين الأسود
- محلول أى حمض قوى تركيزه واحد مولاري (1 M) (تغمر فيه صفيحة البلاتين)
- تيار من غاز الهيدروجين النقى تحت ضغط ثابت مقداره واحد ضغط جوى

استخدامه:

قياس جهود أقطاب العناصر الأخرى بمعلومية جهده الذى يساوى صفر.

يرمز لنصف خلية الهيدروجين القياسية بالرمز الإصطلاحى

عندمـا يعمل كـ (أنود)	$Pt - H_2\ (1\ atm)\ /\ 2H^+\ (1\ mol/L)$
عندمـا يعمل كـ (كاثود)	$2H^+\ (1\ mol/L)\ /\ Pt - H_2\ (1\ atm)$

تعريفات هامة

الجهد القياسى لقطب الهيدروجين

هو فرق الجهد بين الهيدروجين وبين أيوناته فى محلول مولارى من أيوناته.

جهد التأكسد القياسي لقطب

هو القوة الدافعة الكهربية لخلية جلفانية مكونة من آنود (وهو القطب المراد قياسه) وكاثود (وهو قطب الهيدروجين القياسي)

جهد الاختزال القياسي لقطب

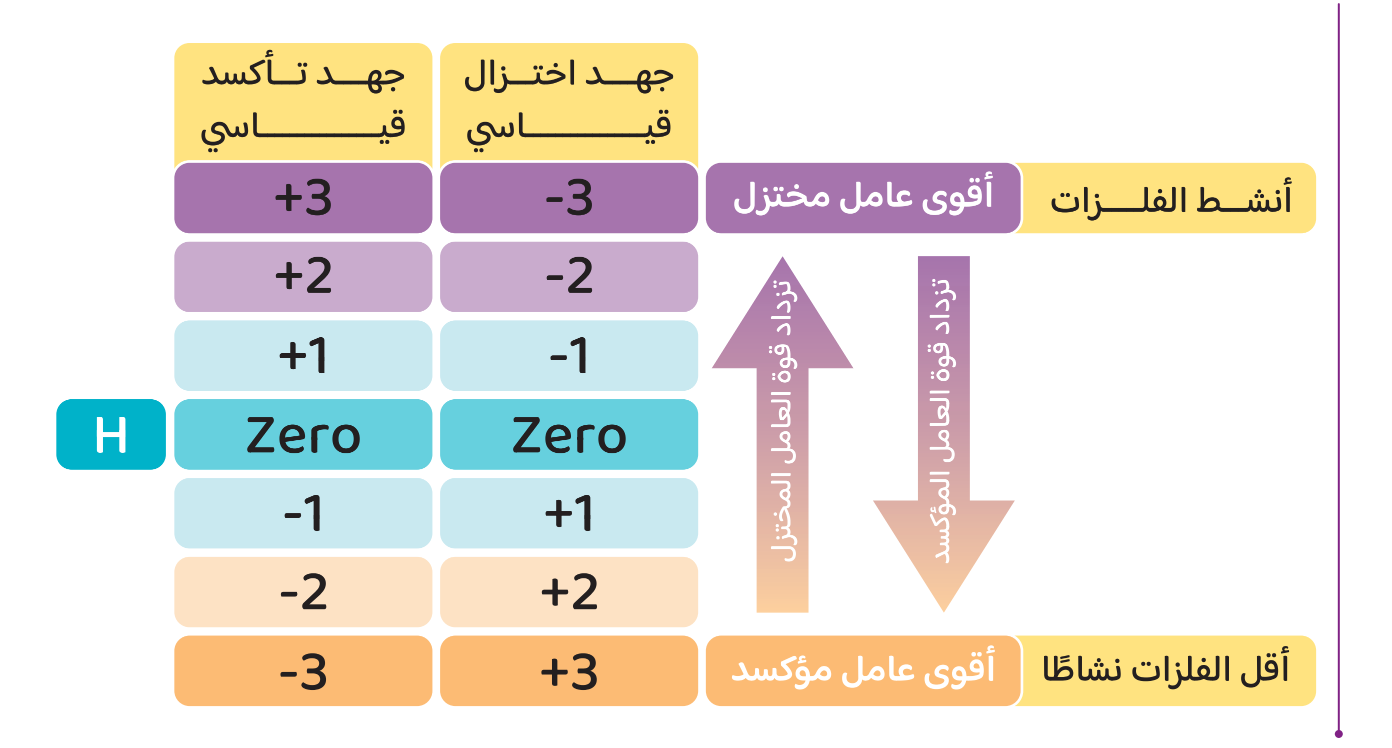
هو القوة الدافعة الكهربية لخلية جلفانية مكونة من كاثود (وهو القطب المراد قياسه) وآنود (وهو قطب الهيدروجين القياسي)

سلسلة الجهود الكهربية للعناصر

سلسلة الجهود الكهربية للعناصر

هى ترتيب العناصر ترتيباً **تنازلياً** حسب جهود **تأكسدها** مع الهيدروجين

أو **تصاعدياً** حسب جهود **إختزالها** مع الهيدروجين.



		جهد اختزال قياسي	جهد تأكسد قياسي
أنشط الفلزات	أقوى عامل مختزل	-3	+3
		-2	+2
		-1	+1
H		Zero	Zero
		+1	-1
		+2	-2
أقل الفلزات نشاطًا	أقوى عامل مؤكسد	+3	-3

يتم ترتيب العناصر كالتالي

تنــازليا وفقــا لـ:

- جهود الأكسدة الموجبة
- جهود الاختزال السالبة

تصــاعديا وفقــا لـ:

- جهود الأكسدة السالبة
- جهود الاختزال الموجبة

١ عناصر مقدمة السلسلة

جهود أكسدتها +++ (يسهل أكسدتها)

[عوامل مختزلة قوية]

جهود اختزالها --- (يصعب اختزالها)

[عوامل مؤكسدة ضعيفة]

علل : يسهل أكسدة عناصر مقدمة سلسلة الجهود الكهربية ؟

لأن (جهد أكسدتها كبير) فتفقد إلكتروناتها بسهولة عند تفاعلها مع أيونات العناصر الأدنى في السلسلة.

علل : يسهل أكسدة عنصر الصوديوم؟

لأن جهد أكسدته كبير فيفقد إلكتروناته بسهولة عند تفاعله مع أيونات العناصر الأدنى في السلسلة.

علل : يعتبر الليثيوم أقوى العوامل المختزلة ؟

لأن جهد أكسدته هو الأكبر في سلسلة الجهود الكهربية.

علل : يصعب اختزال أيون الليثيوم Li^+؟

لأن جهد اختزاله هو الأصغر في سلسلة الجهود الكهربية.

٢ عناصر مؤخرة السلسلة

جهود أكسدتها --- (يصعب أكسدتها)

[عوامل مختزلة ضعيفة]

جهود اختزالها +++ (يسهل اختزالها)

[عوامل مؤكسدة قوية]

علل : يسهل اختزال عناصر مؤخرة سلسلة الجهود الكهربية ؟

لأن (جهد اختزالها كبير) فتكتسب إلكترونات بسهولة عند تفاعلها مع العناصر الأعلى في السلسلة.

علل : يسهل اختزال عنصر البلاتين؟

لأن جهد اختزاله كبير فيكتسب إلكترونات بسهولة عند تفاعله مع العناصر الأعلى في السلسلة.

علل : يعتبر الفلور أقوى العوامل المؤكسدة ؟

لأن جهد اختزاله هو الأكبر في سلسلة الجهود الكهربية .

علل : يصعب أكسدة أيون الفلوريد F^- ؟

لأن جهد أكسدته هو الأصغر في سلسلة الجهود الكهربية .

دلالات البعد بين العنصرين في السلسلة

- كلما زاد البعد بين العنصرين ، كلما زادت قدرة العنصر المتقدم على طرد العنصر المتأخر من محاليل أملاحه .
- كلما زاد البعد بين العنصرين كلما زادت القوة الدافعة الكهربية للبطارية المكونة منهما .
- عناصر مقدمة السلسلة تحل محل العناصر التي تليها في محاليل أملاحها .

القوة الدافعة الكهربية

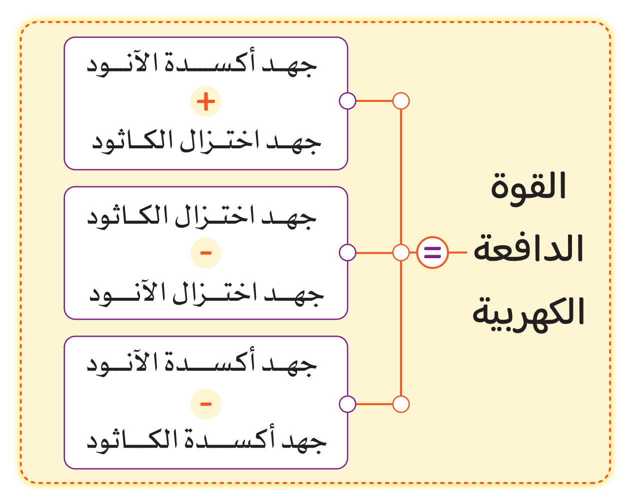
التعريف

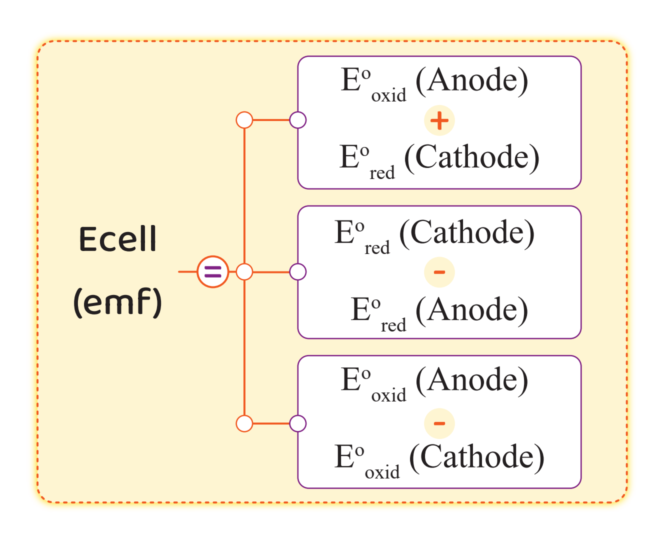
فرق جهدي تأكسد الخلية (الآنود – الكاثود)

أو فرق جهدي اختزال الخلية (الكاثود – الآنود)

أو مجموع جهدي التأكسد والاختزال لقطبي الخلية

(أكسدة الآنود + اختزال الكاثود)





إذا كانت قيمة emf للخلية :

- **موجبة :** فإن تفاعل اكسدة والاختزال تلقائي (في خلية جلفانية يصدر عنها تيار كهربي)
- **سالبة :** فإن تفاعل الأكسدة والاختزال غير تلقائي (خلية تحليلية لا يصدر عنها تيار كهربي)

علل: لا يحدث هذا التفاعل تلقائياً

$$Zn^{+2}_{(aq)} + Cuo_{(s)} \longrightarrow Zno_{(s)} + Cu^{+2}_{(aq)}$$

علماً بأن جهود الأكسدة القياسية للخارصين والنحاس هى : - 0.34 V , + 0.76 V

لأن قيمة (emf) سالبة حيث :

emf = جهد أكسدة الأنود + جهد إختزال الكاثود.

= جهد أكسدة النحاس + جهد إختزال الخارصين = (0.34 -) + (0.76 -)

= 1.1- فولت

٢ خليـــة الـزئبـــق



الأنـــود

الخـــارصين

الكـــاثود

أكسيـــد الزئبـــق (مع الجرافيت)

المحلول الإلكتروليتي

هيدروكسيـــد البوتـاسيـــوم

التفـاعل الكلـي

$$Zn_{(s)} + HgO_{(s)} \longrightarrow ZnO_{(s)} + Hg_{(l)}$$

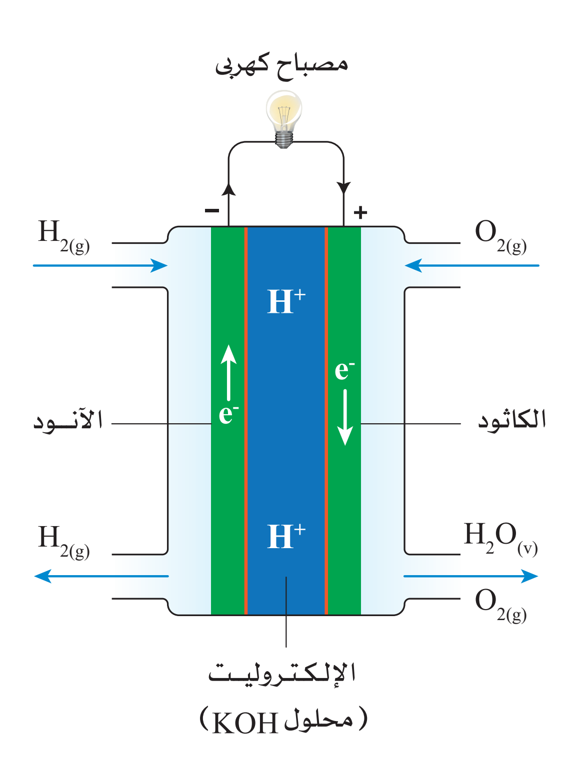
الاستـخدام

نظرا لصغر حجمها لذلك فهي شائعة الاستخدام في سماعات الأذن والساعات والآلات الخاصة بالتصوير.

ملحـوظـة

تغلق الخلية بإحكام ويجب التخلص منها بطريقة آمنة حيث أنها تحتوي على الزئبق وهو مادة سامة

٣ خليــة الوقـــود



مكونات الخلية

الأنـــــود: غاز الهيدروجين يمر خلال طبقة من الكربون المسامي

الكـــاثود: غاز الأكسجين يمر خلال طبقة من الكربون المسامي

المحلول الإلكتروليتي: هيدروكسيد البوتاسيوم

التفاعل الكلي

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(v)} \qquad E^o_{cell} = 1.23\ V$$

الآنـــود (غاز الهيدروجين)

$$2H_{2(g)} + 4OH^-_{(aq)} \longrightarrow 4H_2O_{(v)} + 4e^- \qquad E^o_{oxid} = 0.83\ V$$

الكـــاثود (غاز الأكسجين)

$$O_{2(g)} + 2H_2O_{(v)} + 4e^- \longrightarrow 4OH^-_{(aq)} \qquad E^o_{red} = 0.4\ V$$

ملحوظات

- الهيدروجين يحترق في الهواء (مع الأكسجين) بعنف وينتج عن عملية الاحتراق ضوء وحرارة
- **يجد هذا النوع من الخلايا اهتماماً بالغاً في مركبات الفضاء. علل؟**

لأن الوقود الغازي المستخدم في إطلاق الصواريخ (الهيدروجين والأكسجين) هو نفسه الوقود المستخدم في خلية الوقود

يمكن إعادة تكثيفه للاستفادة منه كمياه للشرب لرواد الفضاء

- **خلية الوقود لا تستهلك كباقي الخلايا الجلفانية. علل؟**

لأنها تزود بالوقود من مصدر خارجي.

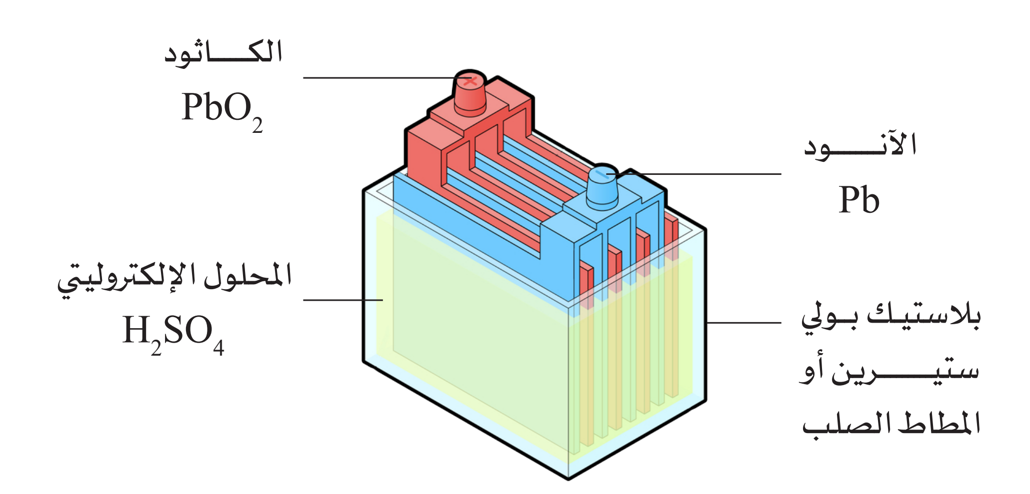
- تعمل خلية الوقود عند درجة حرارة عالية لذا يتبخر الماء الناتج عنها.
- **خلايا الوقود لا تختزن الطاقة. علل؟**

لأن عملها يتطلب إمدادها المستمر بالوقود وإزالة مستمرة للنواتج.

ثانيا الخلايا الجلفانية الثانوية

وهي خلايا جلفانية تتميز بأن تفاعلاتها الكيميائية تفاعلات انعكاسية، وتختزن الطاقة الكهربية على هيئة طاقة كيميائية والتي يمكن تحويلها مرة أخرى إلى طاقة كهربية عند اللزوم - ويمكن إعادة شحنها بإمرار تيار كهربي من مصدر خارجي بين قطبيها في اتجاه عكس عملية تفريغها.

١ بطارية الرصاص الحامضية (المركم الرصاصي أو بطارية السيارة)



التفاعل الكلي

$$Pb_{(s)} + PbO_{2(s)} + 4H^+_{(aq)} + 2SO_4^{2-}{}_{(aq)} \longrightarrow 2PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)}$$

الأنود

- شبكة من الرصاص مملوءة برصاص اسفنجي Pb.

$$Pb_{(s)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} \longrightarrow PbSO_{4(s)} + 2e^- \qquad E_{oxid} = 0.36\ V$$

الكاثود

- شبكة من الرصاص مملوءة بعجينة من ثاني أكسيد الرصاص PbO_2.

$$PbO_{2(s)} + 4H^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)} \qquad E_{red} = 1.69\ V$$

الالكتروليت

حمض الكبريتيك المخفف H_2SO_4.

- جهد الخلية الواحدة : 2v

- **عدد الخلايا المستخدمة:** غالبا ستة ($2\times6 = 12\ V$) وقد يستخدم أكثر من ذلك.

قياس كفاءة البطارية

- **فكرة القياس:** التعرف على كثافة حمض الكبريتيك
- **كثافة حمض الكبريتيك:** $1.28 : 1.3\ g/ml$: البطارية كاملة الشحن.
- أقل من $1.2\ g/ml$: البطارية في حاجة إلى إعادة الشحن لزيادة تركيز الحمض.
- تتم قياس الكثافة باستخدام الهيدروميتر

ملاحظات

- تفصل الألواح عن بعضها بصفائح عازلة
- جميعها تغمر في محلول حمض الكبريتيك المخفف كإلكتروليت موصل.
- وعاء الخلية مصنوع من المطاط الصلب أو البلاستيك (بولي ستيرين) والذي لا يتأثر بالأحماض (مثل حمض الكبريتيك).
- تعمل البطارية كخلية جلفانية اثناء تشغيلها (تفريغها) أمّا عند إعادة شحنها فتعتبر خلية إليكتروليتية.
- يؤدي طول مدة استعمال البطارية إلى نقص كمية التيار الناتج عنها . علل ؟

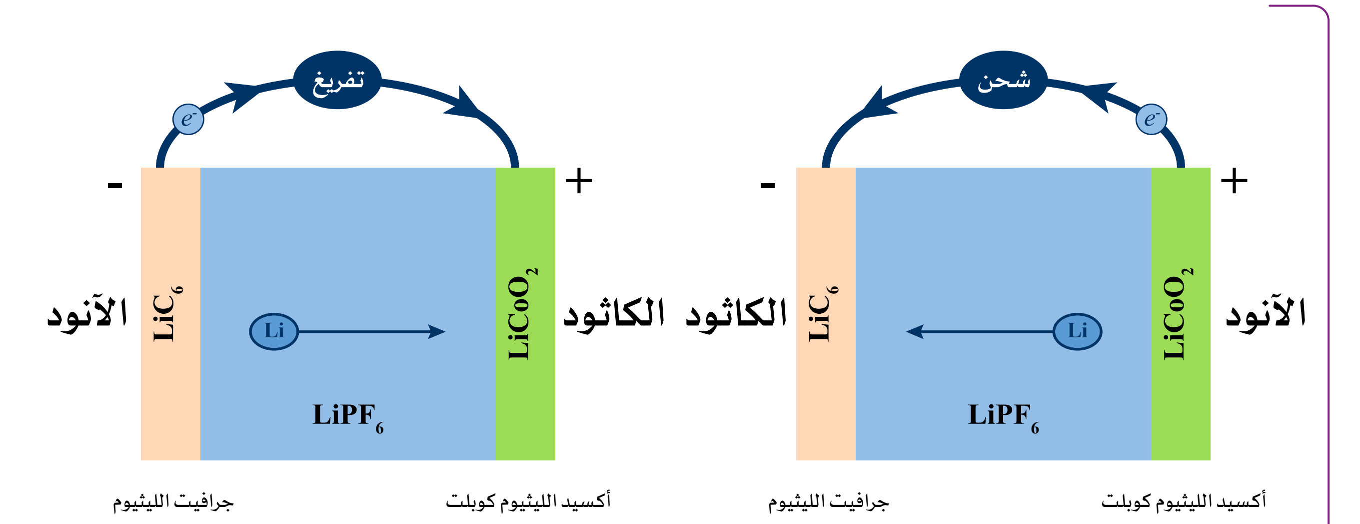
بسبب:

١. تخفيف تركيز حمض الكبريتيك فيها نتيجة لزيادة كمية الماء الناتج من التفاعل

٢. تحول مواد الكاثود (PbO_2) والأنود (Pb) إلى كبريتات رصاص (II).

- **تتم إعادة الشحن:** بتوصيل قطبي البطارية بمصدر للتيار الكهربي المستمر له جهد أكبر قليلاً من الجهد الذي ينتج من البطارية فيحدث التالي:
  - حدوث تفاعل عكس التفاعل التلقائي الذي حدث اثناء تفريغ الشحنة
  - تحول كبريتات الرصاص (II) إلى رصاص عند المصعد (الأنود) وثاني أكسيد الرصاص عند المهبط (الكاثود)
  - إعادة تركيز الحمض إلى ما كان عليه.
  - يستخدم الدينامو في إعادة شحن البطارية أولا بأول.

٢ بطارية أيون الليثيوم



التفاعل الكلي

$$LiC_{6(s)} + CoO_{2(s)} \underset{charge}{\overset{discharge}{\Leftrightarrow}} C_{6(s)} + LiCoO_{2(s)}$$

الأنود

- جرافيت الليثيوم (LiC_6).

$$LiC_{6(S)} \rightarrow C_{6(S)} + Li^{+}_{(aq)} + e^{-}$$

الكاثود

- أكسيد اللثيوم كوبلت ($LiCoO_2$)

$$CoO_{2(s)} + Li^{+}_{(aq)} + e^{-} \rightarrow LiCoO_{2(s)}$$

المحلول الإلكتروليتي

- محلول لا مائي من سداسي فلورو فوسفيد الليثيوم ($LiPF_6$).

ملاحظات

- تستخدم بطارية أيون الليثيوم في أجهزة التليفون المحمول والكمبيوتر المحمول.
- تستخدم في بعض السيارات الحديثة كبديل لبطارية المركم الرصاص. علل ؟ لخفة وزنها وقدرتها على تخزين كميات كبيرة من الطاقة بالنسبة لحجمها.
- استخدم الليثيوم في تركيب هذه البطارية لسببين:

لأنه أخف فلز معروف، وجهد اختزاله القياسي هو الأصغر بالنسبة لباقي الفلزات الأخرى (-3.04v).

مكونات الخلية

- غلاف معدني
- ثلاثة رقائق ملفوفة بشكل حلزوني وهي:

(1) الإلكترود الموجب (الكاثود) ويتكون من أكسيد الليثيوم كوبلت ($LiCoO_2$).

(2) الإلكترود السالب (الأنود) ويتكون من جرافيت الليثيوم (LiC_6).

(3) العازل وهو مكون من شريحة رقيقة جدا من البلاستيك تعمل على عزل الالكترود الموجب عن السالب، بينما تسمح للأيونات بالمرور من خلاله.

- الكتروليت لا مائي من سداسي فلورو فوسفيد الليثيوم ($LiPF_6$). وتغمر الرقائق الثلاثة فيه

نوع الخلية	خلية أولية (تلقائية غير انعكاسية)			خلية ثانوية (تلقائية انعكاسية)	
اسم الخلية	خلية دانيال	خلية الزئبق	خلية الوقود	المركم الرصاصي	بطارية أيون الليثيوم
الآنود (_)	Zn	Zn	H_2	Pb	LiC_6
الكاثود (+)	Cu	HgO	O_2	PbO_2	$LiCoO_2$
المحلول الإلكتروليتي	$Na_2SO_{4(aq)}$	$KOH_{(aq)}$	$KOH_{(aq)}$	$dil.H_2SO_4$	$LiPF_6$
ق.د.ك.	1.1 V	1.35 V	1.23 V	2 V	3 V

تآكل المعادن

- تآكل الفلزات النقية عملية صعبة – حتى الحديد لا يصدأ بسهولة إذا كان نقيا جدا

العوامل التي تؤدي إلى تآكل الفلزات

- معظم المعادن الصناعية تحتوي دائمًا على شوائب مختلفة تنشط عملية التآكل .
- يمكن تقسيم العوامل التي تؤدي إلى تآكل الفلزات إلى قسمين:

(1) عوامل تتعلق بالفلز نفسه. (2) عوامل تتعلق بالوسط المحيط.

١ العوامل التي تتعلق بالفلز نفسه

- عدم تجانس السبائك:

حيث ينشأ عدد لا نهائي من الخلايا الجلفانية الموضعية تسبب تآكل الفلز الأكثر نشاطا.

- اتصال الفلزات ببعضها:
  - عند موضع لحام الفلزات ببعضها
  - استخدام مسامير برشام من فلز مختلف

حيث يؤدي ذلك إلى تكوين خلايا جلفانية موضعية تسبب تآكل الفلز الأنشط

أمثلة:

- تلامس الألومنيوم والنحاس يتآكل الألومنيوم أولا
- تلامس الحديد والنحاس يتآكل الحديد أولا.

٢ العوامل الخارجية

- يعتبر الماء والأكسجين والأملاح من العوامل الخارجية التي تؤثر بشكل أساسي في عملية تآكل المعادن.

الفكرة العامّة لحدوث التآكل

- الملامسة بين فلزين مختلفين
- تكوين خلية جلفانية موضعية يكون فيها:
  - **الأنود:** هو الفلز الأكثر نشاطًا (الفلز الذي سيتآكل).
  - **الكاثود:** هو الفلز الأقل نشاطًا.

ميكانيكية التآكل

- عند حدوث كسر أو تشقق في قطعة حديد، فإنها تكون خلية جلفانية، يكون فيها:
  - **الالكتروليت:** الماء المذاب فيه بعض الأملاح (الأيونات).
  - **الأنود:** قطعة الحديد.
  - **الكاثود:** شوائب الكربون (أو الشوائب الأخرى)

تفاعل الأنود

$$2Fe_{(s)} \xrightarrow{\text{Oxidation}} 2Fe^{2+}_{(aq)} + 4e^-$$

- تنتقل أيونات Fe^{2+} إلى الالكتروليت لتصبح جزء منه.
- تنتقل الالكترونات إلى الكاثود خلال قطعة الحديد.

(أي أن قطعة الحديد تقوم بدور كلّ من الأنود والدائرة الخارجية)

تفاعل الكاثود

$$2H_2O_{(l)} + 4e^- + O_{2(g)} \xrightarrow{\text{Reduction}} 4OH^-_{(aq)}$$

- تتحد أيونات Fe^{2+} من المعادلة (1) مع أيونات OH^- من المعادلة (2).

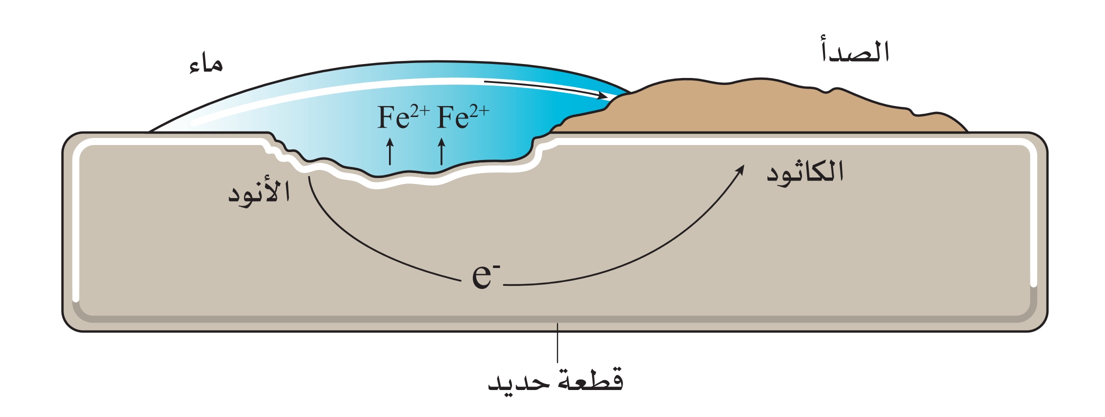
$$2Fe^{2+}_{(aq)} + 4OH^-_{(aq)} \longrightarrow 2Fe(OH)_{2(s)}$$

- يتأكسد $Fe(OH)_2$ بفعل الأكسجين الذائب في الماء.

$$2Fe(OH)_{2(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow 2Fe(OH)_{3(s)}$$

التفاعل الكلي

$$2Fe_{(s)} + 3H_2O_{(l)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 2Fe(OH)_{3(s)}$$



ملحوظة

الصدأ عملية بطيئة لأن الماء يحتوي على كميات محدودة من الأيونات ويتم الصدأ بأكثر سرعة إذا احتوى الماء على كميات أكبر من الأيونات، كما في ماء البحار.

تجميع معادلات الصدأ

$$2Fe_{(s)} \xrightarrow{\text{Oxidation}} 2Fe^{2+}_{(aq)} + 4e^-$$

$$2H_2O_{(l)} + 4e^- + O_{2(g)} \xrightarrow{\text{Reduction}} 4OH^-_{(aq)}$$

$$2Fe^{2+}_{(aq)} + 4OH^-_{(aq)} \longrightarrow 2Fe(OH)_{2(s)}$$

$$2Fe(OH)_{2(s)} + \tfrac{1}{2}O_{2(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow 2Fe(OH)_{3(s)}$$

$$2Fe_{(s)} + 3H_2O_{(l)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 2Fe(OH)_{3(s)}$$



وقاية الحديد من الصدأ



(1) الطلاء بالمواد العضوية كالزيت أو الورنيش أو السلاقون، وهي طريقة غير فعالة على المدى البعيد.

(2) التغطية بالفلزات المقاومة للتآكل

ويتم ذلك بإحدى صورتين، هما:



١ الغطاء الكاثودي



الفلز الأصلي

الأكثر نشاطا (الآنود) (الحديد) (يتآكل أولا)

الفلز الواقي

الأقل نشاطا (الكاثود) (القصدير)



مثال

طلاء الحديد المستخدم في صناعة علب المأكولات الغذائية بالقصدير لحمايته



عيب الغطاء الكاثودي

عند حدوث خدش في طبقة الغطاء الكاثودي (طبقة القصدير التي تغطي الحديد)، يصدأ الحديد بشكل أسرع لتكون خلية جلفانية يكون فيها الحديد هو الآنود لأنه أكثر نشاطا مما يعجل من عملية التآكل

٢ الغطاء الأنودي (القطب المضحي)

الفلــز الأصلــي

- الأقل نشاطا (الكاثود) (الحديد)

الفلــز الواقــي

- الأكثر نشاطا (الآنود) (الخارصين أو الماغنيسيوم) (يتآكل أولا)

ميـزة الغطــاء الأنـودي

- عنـد حـدوث خـدش فـي طبقـة الغطـاء الأنـودي، فـإن الحديـد لا يبـدأ فـي التـآكل إلَّا بعـد تـآكل طبقـة الخارصيـن (أو الماغنيسـيوم) بالكامـل، وهـو مـا يسـتغرق زمنًـا طويـلاً جـدًا.

أمثلــة

- **جلفنة الصلب:** غمس الصلب في الخارصين المنصهر
- **القطــب المضحــي:** وقايـة الصلـب المسـتخدم فـي صناعـة السـفن ومواسـير الحديـد المدفونـة بالتربـة بالماغنيسـيوم

ملحوظــة

نظـرا لأن هيـاكل السـفن تكـون دائمـة الاتصـال بالمـاء المالـح وكذلـك مواسـير الحديـد المدفونـة فـي التربـة الرطبـة، فإنهـا تكـون أكثـر عرضـة للتـآكل.

الخلايـــا الالكتروليتيــة

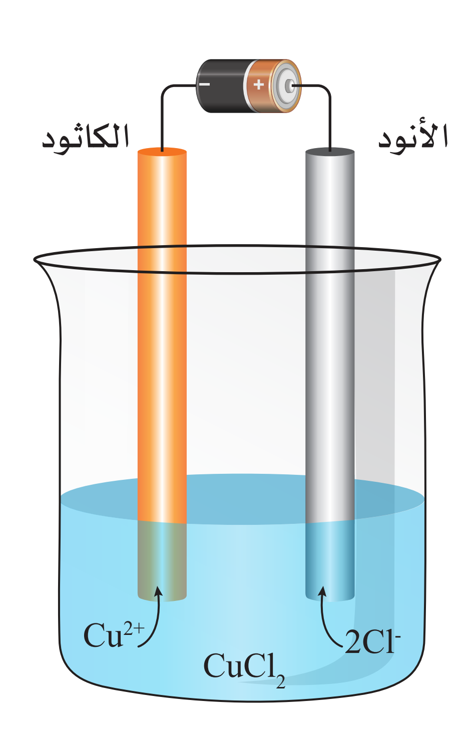
الخلايا الالكتروليتية

هـي خلايـا كهربيـة تسـتخدم فيهـا الطاقـة مـن مصـدر خارجـي لإحـداث تفاعـل أكسـدة-اختزال غيـر تلقائـي الحـدوث.

مكوناتهـا

- **محلول الكتروليتي:**
  - محلول لأحد الأملاح أو القواعد أو الأحماض
  - مصهور لأحد الأملاح
- **قطبـان:**
  - من مادة واحدة (مثل الكربون أو البلاتين)
  - كلّ منهما من مادة مختلفة (مثل الكربون - البلاتين - النحاس - الخارصين أو غيرها)
- **مصدر خارجي للتيار الكهربي .**

أحـــداث الخليـــة المقابلـــة



- يوصـل القطـب الأول بالقطـب السـالب للبطاريـة فتتراكـم عنـده الإلكترونـات ويصبـح القطـب السـالب للخليـة (الكاثـود)
- يوصـل القطـب الثانـي بالقطـب الموجـب للبطاريـة ليصبـح القطـب الموجـب للخليـة (الآنـود)
- عنـد توصيـل التيـار الكهربي بحيـث يكـون الجهـد الواقـع علـى الخلية يفـوق قليـلا الجهـد الانعكاسـي للخليـة يسـري تيـار كهربي فـي الخلية الالكتروليتيـة عبـر القطبيـن (حتـى يتغلـب علـى جهـد الخليـة ويجبـر التيـار الكهربي علـى السـريان فـي المحلـول)
- يعمـل التيـار الكهربـي علـى تحليـل أيونـات المحلـول إلـى شـقين : الشـق السـالب والشـق الموجـب.
- يتوجـه الشـق الموجـب مـن المحلـول نحـو القطـب السـالب ليكتسـب إلكترونـات وتتعـادل شـحنته (تحـدث لـه عمليـة اختـزال)(لاحـظ: الاختـزال حـدث عنـد القطـب السـالب - الكاثـود -)
- يتوجـه الشـق السـالب مـن المحلـول نحـو القطـب الموجـب ليفقـد إلكترونـات وتتعـادل شـحنته (تحـدث لـه عمليـة أكسـدة) (لاحـظ: الأكسـدة حدثـت عنـد القطـب الموجـب - الآنـود -)

مثال : التحليل الكهربي لمحلول كلوريد النحاس ($CuCl_2$)

$$CuCl_{2(s)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)}$$

بعد دخول التيار الكهربي عبر الأقطاب وتحولها للقطب الموجب والسالب يحدث التالي :

- يعمل التيار الكهربي على تحليل أيونات المحلول إلى شقين : الشق السالب (أيونات الكلوريد) والشق الموجب (أيونات النحاس).
- يتوجه الشق الموجب من المحلول (أيونات النحاس Cu^{++}) نحو القطب السالب ليكتسب إلكترونات وتتعادل شحنته (Cu^0) (تحدث له عملية اختزال)(عند الكاثود)
- يتوجه الشق السالب من المحلول (أيونات الكلوريد $2Cl^-$) نحو القطب الموجب ليفقد إلكترونات وتتعادل شحنته (Cl_2) (تحدث له عملية أكسدة) (عند الآنود)
- ويطلق على مثل هذه العملية التي تم فيها فصل مكونات المحلول الالكتروليتي (مثل تصاعد الكلور وترسيب النحاس) بالتحليل الكهربي.

تذكر أن

النحاس يترسب على الكاثود – القطب السالب – في عملية التحليل الكهربي)

التحليل الكهربي

هو التحلل الكيميائي للمحلول الالكتروليتي بفعل مرور التيار الكهربي به حتى يتم فصل مكوناته

تفاعل الأكسدة (عند الأنود ++) يتصاعد غاز الكلور

$$2Cl^-_{(aq)} \longrightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$$

تفاعل الاختزال (عند الكاثود --) تترسب ذرات النحاس

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu^0_{(s)}$$

مقارنة بين الخلايا الجلفانية والخلايا التحليلية

الخــلايا الجلفــانية	الخلايا التحليليـة
تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربية	تحول الطاقة الكهربية إلى طاقة كيميائية
تنتج طاقة كهربية	تحتاج طاقة كهربية
تفاعل تلقائي	غير تلقائي
الأنود سالب والكاثود موجب	الأنود موجب والكاثود سالب
تحتاج إلى قنطرة ملحية	لا تحتاج إلى قنطرة ملحية
يشترط أن يكون القطبان مختلفان	لا يشترط أن يكون القطبان مختلفان

تطبيقات الخلايا التحليلية

١ الطلاء الكهربي

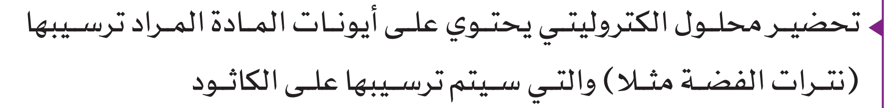
الطلاء الكهربي

هي عملية تكوين طبقة رقيقة من فلز معين على سطح فلز آخر لإعطائه مظهرا جميلا ولامعا أو لحمايته من التآكل أو لرفع قيمته الاقتصادية

أمثلة

- طلاء بعض أجزاء السيارات المصنوعة من الصلب كهربيا بطبقة من الكروم لتأخذ شكلا جماليا و لحمايتها من التآكل
- طلاء بعض الأدوات الصحية مثل الصنابير والخلاطات كهربيا بالكروم أو الذهب
- رفع قيمة بعض الفلزات والمعادن الرخيصة بطلائها بالكروم أو الذهب أو الفضة.

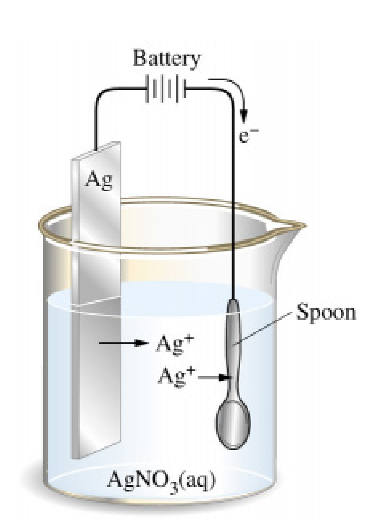
تجربة عملية: خطوات طلاء ملعقة بطبقة من الفضة



- تحضير محلول الكتروليتي يحتوي على أيونات المادة المراد ترسيبها (نترات الفضة مثلا) والتي سيتم ترسيبها على الكاثود
- وضع ملعقة نظيفة تماما في المحلول الإلكتروليتي وتوصل بالقطب السالب للبطارية (يعمل ككاثود (مهبط) ليتم ترسيب الفضة عليه)

$$Ag^{+}_{(aq)} + e^{-} \longrightarrow Ag^{0}_{(s)}$$

- وضع عمود من فلز الفضة ويوصل بالقطب الموجب للبطارية ، ويصبح بذلك مصعدا (أنودا)



$$Ag^{0}_{(s)} \longrightarrow Ag^{+}_{(aq)} + e^{-}$$

- **تتأكسد ذرات الفضة من الآنود (++) في المحلول (تقل كتلة الآنود) ، بينما تترسب ذرات الفضة من المحلول على الكاثود (--) ملعقة الفضة (تزداد كتلة الكاثود)**

٢ استخـــلاص الألومنيـــوم

المحلول الإلكتروليتي

- خام البوكسيت (Al_2O_3)

القطب السالب ، الكاثود ، المهبط

- جسم إناء الخلية المصنوع من الحديد والمبطن بطبقة من الكربون (جرافيت)

القطب الموجب ، الآنود ، المصعد

- أسطوانات من الكربون (جرافيت)

أحداث الخلية

- عند مرور التيار الكهربي بين قطبي الخلية يحدث تفاعل أكسدة واختزال:
  - عنـــد الكـــاثود، المهبـــط (اختزال):

$$2Al^{3+} + 6e^- \longrightarrow 2Al^0$$

  - عنـــد الأنـــود، المصعـــد (أكسدة):

$$3O^{2-} \longrightarrow \frac{3}{2}O_2 + 6e^-$$

  - التفـــاعل الكلـــي:

$$2Al^{3+} + 3O^{2-} \longrightarrow 2Al^0 + \frac{3}{2}O_2$$

مواد مساعدة في التفاعل

- مصهور الكريوليت (Na_3AlF_6): يذاب فيه خام البوكسيت
- الفلورسبار (CaF_2): يضاف لخليط الكريوليت والبوكسيت،
لخفض درجة انصهار المخلوط من 2045°C إلى 950°C لتوفير الطاقة الكهربية.

مشكلات وعلاجها

① ارتفاع درجة انصهار وكثافة مخلوط البوكسيت و الكريوليت:

الحل: يستعاض عن الكريوليت باستخدام مخلوط من أملاح فلوريدات كلّ من الألومنيوم، الصوديوم، والكالسيوم. علل؟

حيث يعطى هذا المخلوط مع البوكسيت مصهورا يتميز بانخفاض درجة انصهاره وانخفاض كثافته مقارنة بالمصهور مع الكريوليت.

أهمية خفض الكثافة:

يسهل فصل الألومنيوم المنصهر والذي يكون راسبا في قاع خلية التحليل الكهربي.

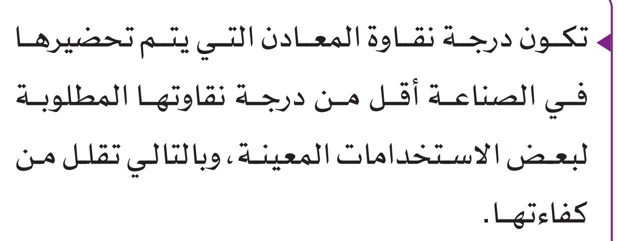
٢) يتفاعل الأكسجين المتصاعد مع أقطاب الكربون مكونا غازات أول وثاني أكسيد الكربون لذا يلزم تغييرها باستمرار لتآكلها.

$$2C + \frac{3}{2}O_2 \longrightarrow CO + CO_2$$

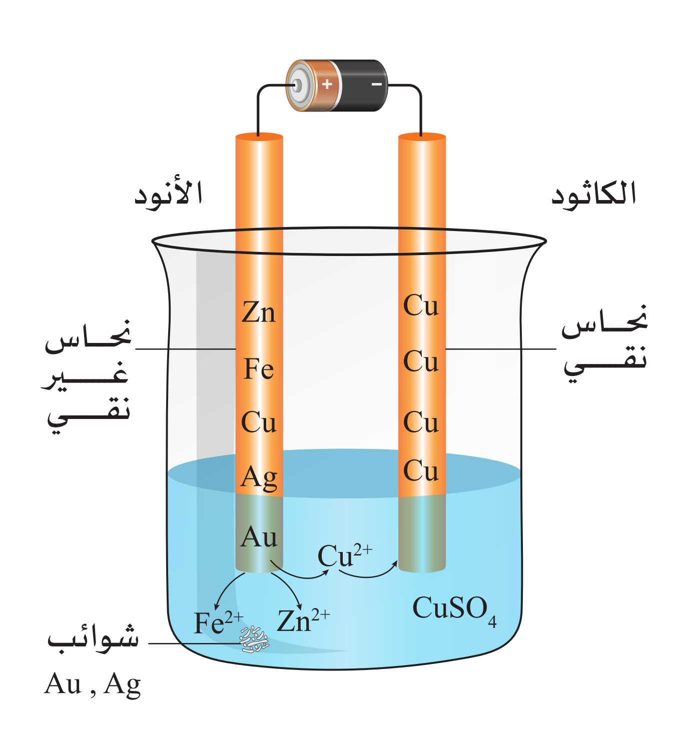
وأخيرا

يسحب الألومنيوم من الخلية من خلال فتحة خاصة بذلك.

٣ تنقية المعادن



- تكون درجة نقاوة المعادن التي يتم تحضيرها في الصناعة أقل من درجة نقاوتها المطلوبة لبعض الاستخدامات المعينة، وبالتالي تقل من كفاءتها.
- النحاس الذي نقاوته 99% يحتوي على شوائب الحديد والخارصين والذهب والفضة، والتي تقلل من قابلية النحاس للتوصيل الكهربي وأيضا من جودته.
- تستخدم طريقة التحليل الكهربي لتنقية النحاس الذي يراد استعماله في صناعة الأسلاك الكهربائية للوصول إلي نسبة من النحاس النقي 99.95%



مكونات خلية التنقية(خلية التحليل الكهربي)

- الأنود (القطب الموجب) هو فلز النحاس (Cu) غير النقي
- الكاثود (القطب السالب) من سلك أو رقائق النحاس النقي
- محلول التوصيل الكهربي: محلول مائي من كبريتات النحاس التي تتفكك جزئياتها في الماء إلى أيونات النحاس (Cu^{2+}) والكبريتات (SO_4^{-2})

$$CuSO_{4(aq)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$



عند مرور التيار الكهربي من البطارية الخارجية عند جهد يزيد قليلا عن الجهد القياسي لنصف خلية النحاس يحدث التالي:

١) **عند المصعد (الأنود):** يذوب النحاس (يتأكسد) ويتحول إلى أيونات نحاس Cu^{2+} تنتشر في المحلول وكذلك يذوب الحديد والخارصين .

ملحوظة

الذهب والفضة إذا وجدت في مادة الأنود فلا تتأكسد (لا تذوب) عند جهد تأكسد النحاس وتتساقط أسفل الأنود وتزال في قاع الخلية لأن جهد تأكسدها أقل من جهد تأكسد النحاس

٢) **عند الكاثود:** تترسب أيونات النحاس هذه من المحلول في صورة نحاس نقي مرة أخرى عند الكاثود.

ملحوظة

الشوائب الموجودة أصلا في مادة المصعد (الأنود)، والتي ذابت مع النحاس مثل الحديد والخارصين لا تترسب على الكاثود لصعوبة اختزالها بالنسبة لأيونات النحاس

يمكن بهذه الطريقة الحصول على نحاس درجة نقاوته 99.95% بالإضافة إلى إمكانية فصل بعض المعادن النفيسة مثل الذهب والفضة من خامات النحاس

قوانين فاراداى للتحليل الكهربى

١ قانون فاراداى الأول

نص القانون

- تتناسب كمية المادة المتكونة أو المستهلكة عند أحد الأقطاب سواء كانت غازية أو صلبة تناسباً طردياً مع كمية الكهرباء التى تمرر فى المحلول أو المصهور الإلكتروليتى.

تحقيق قانون فاراداى الأول

- نمرر كميات مختلفة من التيار الكهربى فى نفس المحلول.
- نحسب نسبة كتل المواد المتكونة على الكاثود أو الذائبة من الأنود ونقارنها بنسب كميات الكهرباء التى تم تمريرها.

الصيغة الرياضية لقانون فاراداى الأول

كمية الكهربية (Coulomb) = شدة التيار (Ampere) × زمن المرور (Second)

وحدات قياس كمية الكهربية

(1) الكولوم (C)

هو كمية الكهرباء التى إذا تم تمريرها فى محلول أيونات فضة يتم ترسيب 1.118 mg من الفضة أي (0.001118g)

(2) الفاراداى (F):

هو كمية التيار الكهربى اللازمة لذوبان أو تصاعد أو ترسيب الكتلة المكافئة الجرامية لأى من عنصر عند أحد الأقطاب ويساوي 96500 كولوم

٢ قانون فاراداى الثانى

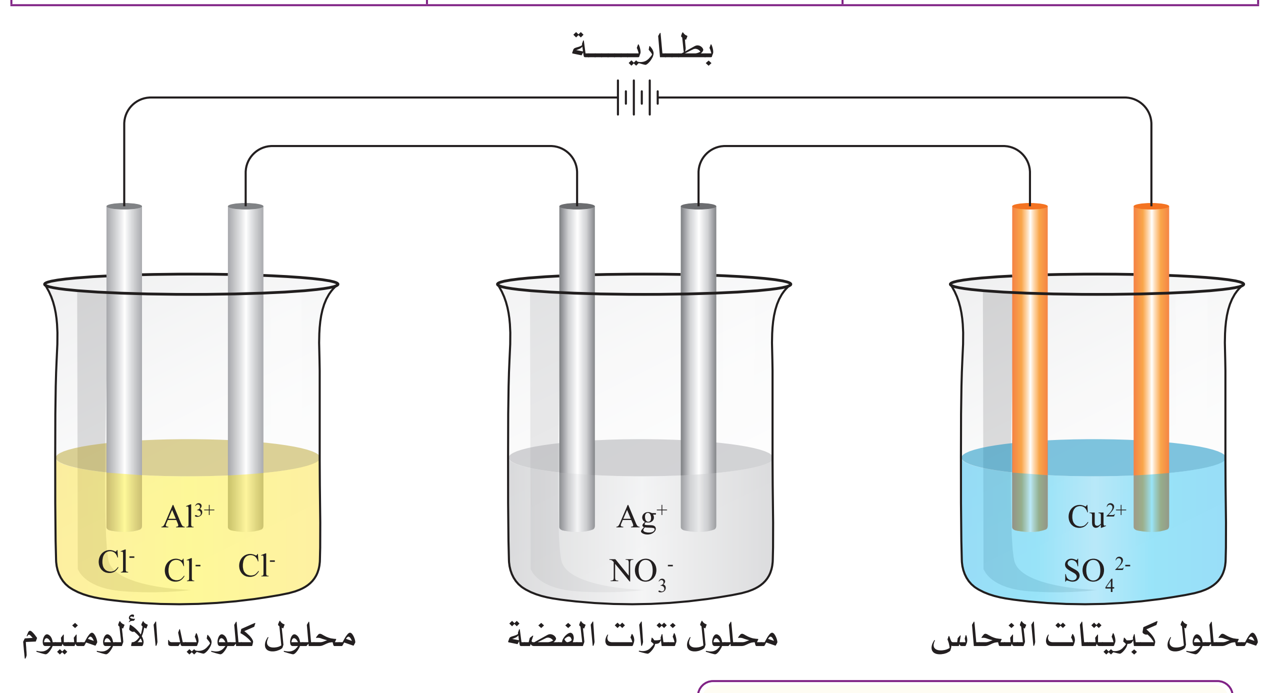
نص القانون

- كميات المواد المختلفة المتكونة أو المستهلكة بمرور نفس كمية الكهرباء فى عدة إلكتروليتات متصلة على التوالى تتناسب طردياً مع كتلتها المكافئة الجرامية.

تحقيق قانون فاراداى الثانى

- نمرر نفس كمية التيار الكهربى فى ثلاث خلايا إلكتروليتية تحتوى الأولى على محلول كبريتات نحاس II والثانية على محلول نيترات فضة والثالثة على مصهور كلوريد الألومنيوم.
- نعين كتلة المواد المتكونة عند الكاثود وهى النحاس والفضة والألومنيوم ونقارنها بالكتل المكافئة لهذه العناصر.
- نجد أن كتل المواد المختلفة المتكونة عند الكاثود وهى النحاس والفضة والألومنيوم تتناسب طردياً مع الكتل المكافئة لهذه المواد.

Al	Ag	Cu
9	107.88	31.75



الصيغة الرياضية لقانون فاراداى الثانى

$$\frac{\text{كتلة العنصر الأول}}{\text{كتلة العنصر الثانى}} = \frac{\text{الكتلة المكافئة للعنصر الأول}}{\text{الكتلة المكافئة للعنصر الثانى}}$$

الكتلة المكافئة الجرامية

هى كتلة المادة التى لها القدرة على فقد أو إكتساب مول واحد من الإلكترونات أثناء التفاعل الكيميائى.

تعيين الكتلة المكافئة الجرامية للعناصر

$$\text{الكتلة المكافئة الجرامية} = \frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية}}{\text{عدد شحنات أيون العنصر (Z)}}$$

العنصر	الكتلة الذرية الجرامية	عدد شحنات أيون العنصر (التكافؤ)	الكتلة المكافئة الجرامية
Al	27	3	9
Ag	107.88	1	107.88
Zn	65	2	32.5
Cl	35.5	1	35.5

٣ القانون العام للتحليل الكهربى

عند مرور واحد فاراداى (1F) (96500C) خلال إلكتروليت فإن ذلك يؤدى إلى ذوبان أو تصاعد أو ترسيب كتلة مكافئة جرامية من المادة عند أحد الأقطاب.



الباب 5
الخامس



الكيمياء العضوية



المركبـــات

المركبـــــات

- تحتوي على كربون
  - طبيعي (عضوي)
  - استثنائي (غير عضوي)
- لا تحتوي على كربون
  - غير عضوي

الاستثنائي	الصيغة
أكاسيد الكربون	CO ، CO_2
البيكربونـــات	HCO_3^-
الكربونـــات	CO_3^{-2}
السيانيــــد	CN^-
الكربيد مع الفلزات	CaC_2

- مركب لا يحتوي على الكربون (غير عضوي).
- مركب يحتوي على الكربون في المجموعات الاستثنائية (غير عضوي).
- مركب يحتوي على الكربون بدون مجموعات استثنائية (عضوي).

قواعد رسم المركب العضوي

التكافؤ

عدد الروابط المحيطة بالذرة في المركب العضوي.

C	N	O	H
4	3	2	1

$$\begin{array}{ccccccc} & & H & & H & & \\ & & | & & | & & \\ H & - & C & = & C & - & H \end{array}$$

ارسم مركب عضوي يحتوي على ذرتي كربون بينهما رابطة مزدوجة:

C═C

الروابط المتبقية يتم إكمالها بالهيدروجين:

$$H-\overset{\overset{H}{|}}{C}=\overset{\overset{H}{|}}{C}-H$$

ارسم مركب عضوي يحتوي على خمس ذرات كربون و رابطة مزدوجة بين الأولى والثانية ورابطة مزدوجة بين الثالثة والرابعة:

$$H-\overset{\overset{H}{|}}{C}=\overset{\overset{H}{|}}{C}-\overset{\overset{H}{|}}{C}=\overset{\overset{H}{|}}{C}-\underset{\underset{H}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-H$$

$CH_2=CH-CH=CH-CH_3$

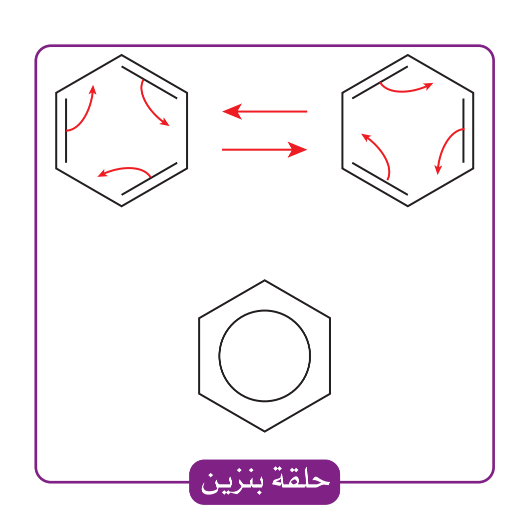
$CH_2CHCHCHCH_3$

معنى العصا والحلقة في المركب العضوي

$$H_2C_3H_4 \text{ (cyclopropane: H–C–C with C above, each C bearing H atoms)} \rightarrow \text{C–C–C triangle} \rightarrow \triangle$$

$$\begin{matrix} & H & H & \\ & | & | & \\ H- & C- & C & -H \\ & | & | & \\ H- & C- & C & -H \\ & | & | & \\ & H & H & \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} C-C \\ |\quad| \\ C-C \end{matrix} \rightarrow \square$$

حلقة البنزين


حلقة بنزين

معنى الأقواس



تحتوى على CH_2 فقط

$(CH_2)_3, (CH_2)_2, (CH_2)_4$

سلسلة مستمرة

$CH_3-(CH_2)_3-CH_3$

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

تحتوى على CH_3 فقط أو مع مجموعات أخرى

$(CH_3)_3, (CH_2CH_3)_4, (CH_2CH_2CH_3)_2$

$CH_3-CH-(CH_2CH_3)_2$

$CH_2(CH_3)_2$

$$H-\underset{H}{\overset{CH_3}{C}}-CH_3$$

$CH_3-CH-(CH_2CH_3)_2$

$$H_3C-\underset{CH_2-CH_3}{\overset{CH_2-CH_3}{CH}}$$

أنواع الروابط

$$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-H \qquad H-\overset{H}{C}=\overset{H}{C}-H \qquad H-C\equiv C-H$$

الرابطة سيجما قوية والرابطة باي ضعيفة.

المركبات المشبعة والمركبات غير المشبعة

$$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-H \qquad H-\overset{H}{C}=\overset{H}{C}-H \qquad H-C\equiv C-H$$

6 ذرات H	4 ذرات H	2 ذرة H
مشبع	غير مشبع	غير مشبع

جميع الروابط سيجما ← مشبع.

• توجد رابطة باي أو أكثر ← غير مشبع.

تعريف المركب العضوي

برزيليوس	فوهلر
تتكون المركبات العضوية في الكائنات الحية فقط (أصل نباتي أو حيواني)	تتكون المركبات العضوية في الكائنات الحية (أصل نباتي أو حيواني)
يتم تكوينها بواسطة قوى خاصة (القوى الحيوية)	يرفض فكرة (القوى الحيوية)
لا يمكن تحضيرها في المختبر	يمكن تحضيرها في المختبر
يكون المركب عضوي إذا كان من مصدر نباتي أو حيواني فقط	يكون المركب عضوي إذا احتوى على الكربون
يقسم اعتمادا على المصدر	يقسم اعتمادا على التركيب
وضع نظرية القوى الحيوية	أبطل نظرية القوى الحيوية

تعريف برزيليوس (حسب المصدر وليس التركيب)

المركبات العضوية

هى المركبات التى تستخلص من أصل نباتى أو حيوانى و تتكون داخل خلايا الكائنات الحية بواسطة قوى حيوية ولا يمكن تحضيرها فى المختبرات (من المركبات الغير عضوية).

المركبات غير العضوية

هى المركبات التى تأتى من مصادر معدنية من الأرض ويمكن تحضيرها في المختبرات.

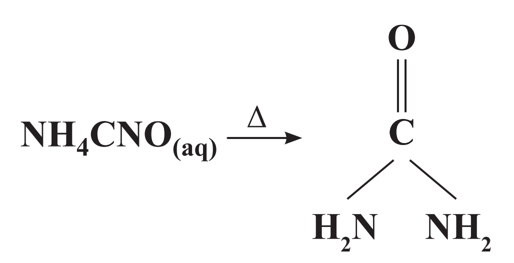
طريقة القوى الحيوية لبرزيليوس

المركبات العضوية هى المركبات التى تتكون داخل خلايا الكائنات الحية بواسطة قوى حيوية ولا يمكن تحضير هذه المركبات فى المختبرات.

علل : استطاع فوهلر إبطال نظرية القوى الحيوية ؟

لأن فوهلر تمكن من تحضير مركب عضوي، وهو اليوريا من مركبات غير عضوية وهي كلوريد الأمونيوم وسيانات الفضة – عن طريق تسخين المحلول المائي الناتج من تفاعلهما–.

$$NH_4Cl_{(aq)} + AgCNO_{(aq)} \longrightarrow AgCl_{(s)} + NH_4CNO_{(aq)}$$



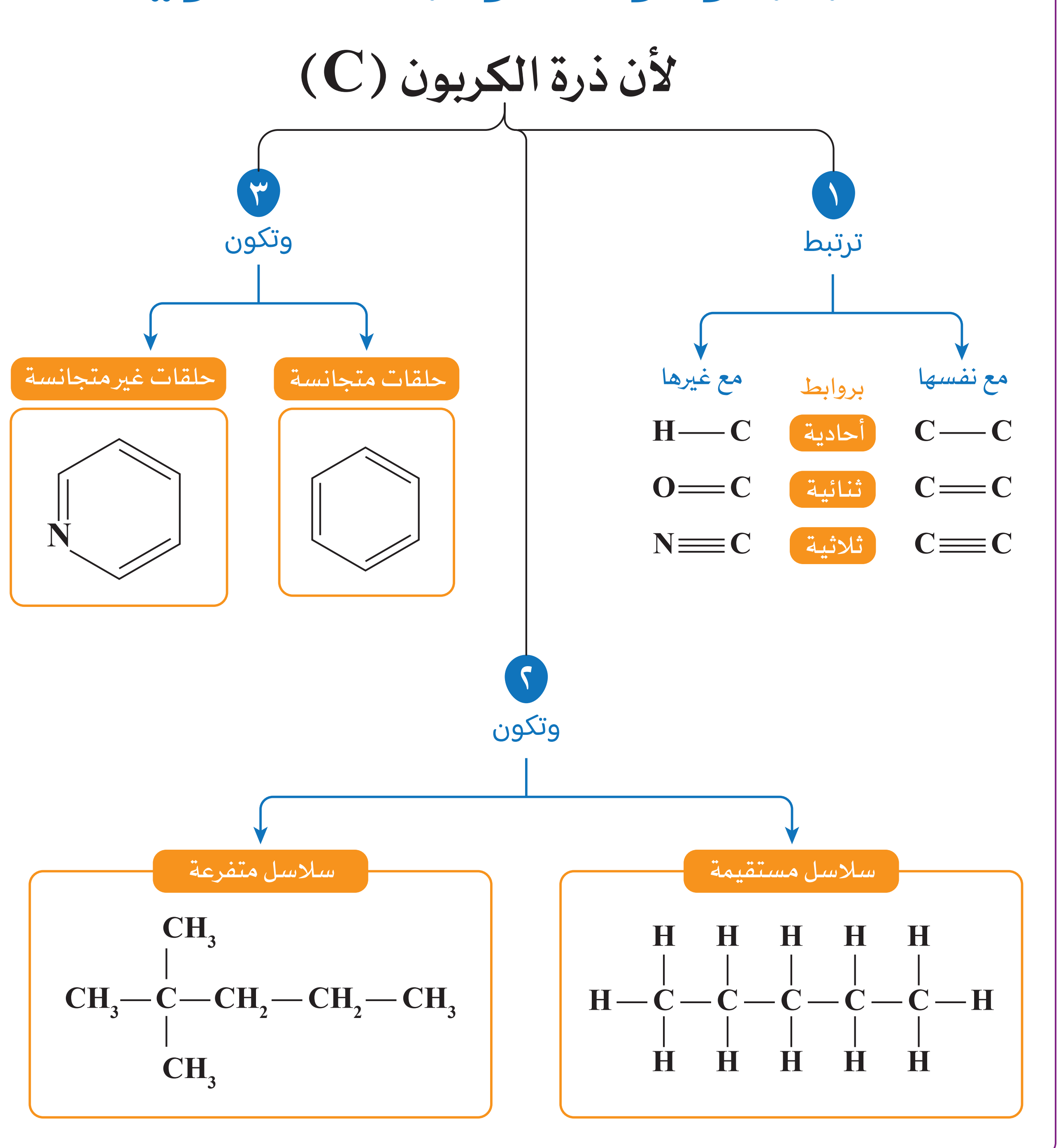
$H_2N — CO — NH_{2(s)}$

عدد المركبات العضوية

- المركبات العضوية : تتعدى 10 ملايين
- المركبات غير العضوية : لا يتعدى نصف مليون
- **علل : وفرة المركبات العضوية .**

لأن ذرة الكربون لها القدرة على الارتباط بروابط : أحادية وثنائية وثلاثية مع نفسها ومع غيرها من الذرات لتكوين سلاسل مستقيمة ومتفرعة وحلقات متجانسة وغير متجانسة .

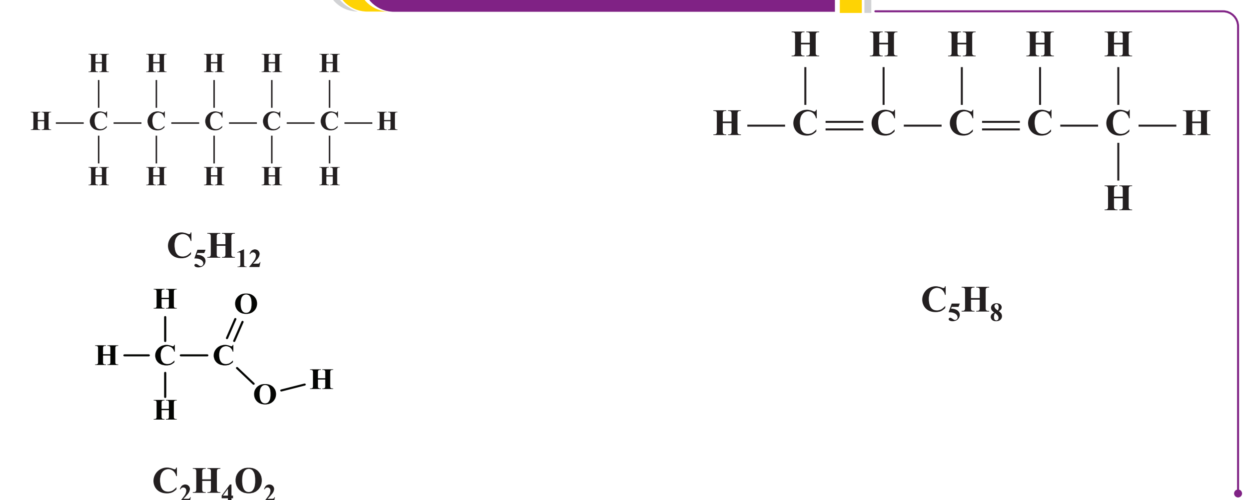
أسباب وفرة المركبات العضوية



مقارنة هامة بين المركبات العضوية وغير العضوية

أوجه المقارنة	المركبات العضوية	المركبات غير العضوية
التركيب الكيميائي	يشترط أن تحتوي على الكربون (وغالبا الهيدروجين)	لا يشترط وجود الكربون (قد تحتوي على الكربون أو عناصر أخرى)
الاشتعال تسخين مع الأكسجين	تشتعل وتنتج دائما: CO_2, H_2O $C + O_2 \longrightarrow CO_2$ $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$	لا تشتعل غالبا وإذا اشتعلت تنتج غازات اخرى.
أنواع الروابط	تساهمية	أيونية أو تساهمية الروابط التساهمية أضعف من الأيونية
درجة الانصهار التحول من الصلب للسائل	منخفضة	مرتفعة
درجة الغليان التحول من السائل إلى الغاز	منخفضة	مرتفعة
التوصيل	لا توصل التيار الكهربي لأنها مواد غير إلكتروليتية غير قادرة على التأين	توصل التيار الكهربي لأنها مواد إلكتروليتية قادرة على التأين
الذوبان	تذوب في المذيبات العضوية، كالبنزين	تذوب في المذيبات القطبية، كالماء
سرعة التفاعلات	بطيئة لأنها تتم بين: جزيئات	سريعة لأنها تتم بين: أيونات
الرائحة	لها روائح مميزة غالبا	ليس لها روائح مميزة
البلمرة أو التجمع	تتميز بقدرتها على تكوين بوليمرات	غير قادرة على البلمرة
المشابهة الجزيئية (الأيزوميرزم)	توجد بين كثير من المركبات	لا توجد بين جزيئات مركباتها

الصيغة الجزيئية والصيغة البنائية



الصيغة الجزيئية

هي صيغة تبين نوع وعدد ذرات كل عنصر في المركب ولا تبين طريقة ارتباط الذرات مع بعضها البعض.

الصيغة البنائية

هي صيغة تبين نوع وعدد ذرات كل عنصر في المركب وطريقة ارتباط الذرات مع بعضها بالروابط التساهمية.

◄ أيهما أفضل في تمييز المركب العضوى ، الصيغة البنائية أم الجزيئية ؟

الصيغة البنائية أفضل لأنها توضح طريقة ارتباط الذرات مع بعضها بالروابط التساهمية.

النماذج الجزيئية

◄ لا تعبر الصيغة البنائية عن الشكل الصحيح للجزيء، لأنها تُظهر الجزيء وكأنه مسطحٌ إلا أنه مجسمٌ تتجه ذراته في الأبعاد الفراغية الثلاثة.

الجزيء	نموذج الكرات والعصي	النموذج الفراغي
CH_4		
C_2H_5OH		

المشابهة الجزيئية (الأيزوميرزم)

التعريف

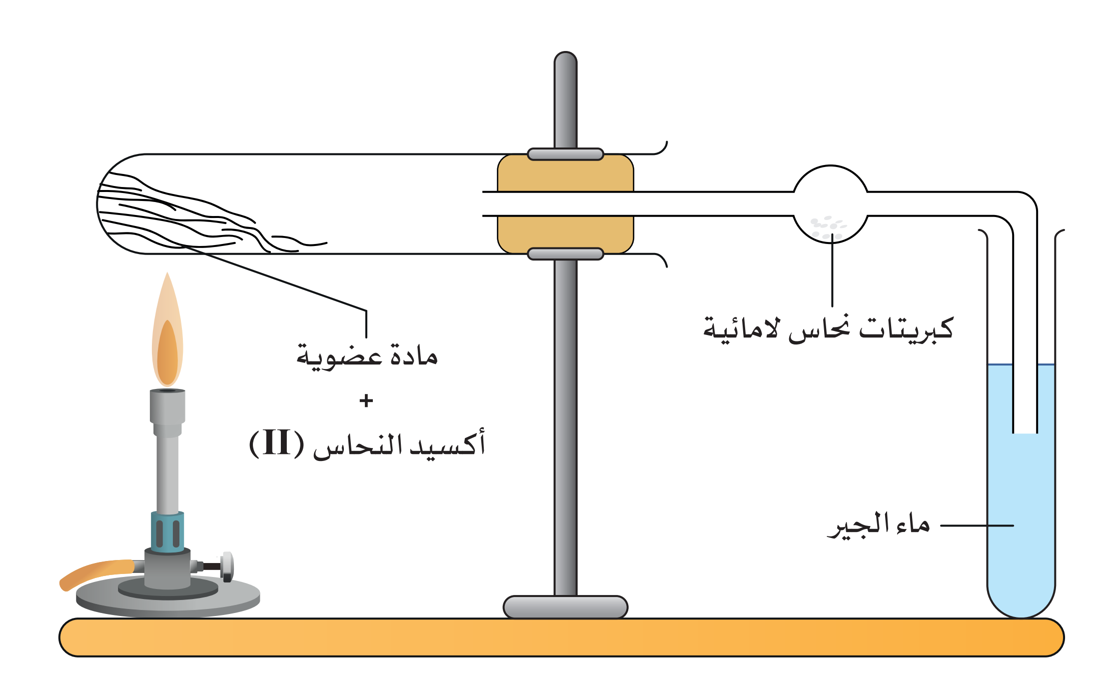
هي ظاهرة وجود عدة مركبات عضوية تشترك في صيغتها الجزيئية وتختلف في صيغتها البنائية والخواص الكيميائية والفيزيائية.

$$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-O-H \qquad\qquad H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-O-\underset{H}{\overset{H}{C}}-H$$

$$C_2H_6O \qquad\qquad\qquad C_2H_6O$$

الصيغ الجزيئية المشتركة	الصيغ البنائية المشتركة	
	إيثير ثنائي المثيل	الكحول الإثيلي
C_2H_6O	$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-O-H$ C_2H_6O	$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-O-\underset{H}{\overset{H}{C}}-H$ C_2H_6O
درجة الانصهار	–138	–117.3
درجة الغليان	–29.5	78.5
التفاعل مع الصوديوم	لا يتفاعل	يحل محل هيدروجين مجموعة الهيدروكسيل

الكشف عن الكربون والهيدروجين في المركبات العضوية



الخطوات

(١) اخلط قليلا من مادة عضوية (قماش – جلد – ورق – بلاستيك) مع أكسيد النحاس

(٢) سخن فى أنبوبة اختبار تتحمل الحرارة

(٣) مرر الأبخرة والغازات الناتجة على مسحوق كبريتات النحاس اللامائية البيضاء ثم على ماء الجير.

المشاهدات

(١) يتحول لون كبريتات النحاس الأبيض إلى اللون الأزرق.

(٢) يتعكر ماء الجير.

التفسير

(١) تفاعل هيدروجين المادة العضوية مع الأكسجين في أكسيد النحاس CuO فتكون الماء الذي يغير لون كبريتات النحاس اللامائية من الأبيض إلى **الأزرق**.

(٢) تفاعل كربون المادة العضوية مع الأكسجين في أكسيد النحاس CuO فتكون CO_2 الذي يعكر ماء الجير الرائق.

$$C + 2CuO_{(s)} \xrightarrow{\Delta} Cu_{(s)} + H_2O_{(v)}$$

$$2H + CuO_{(s)} \xrightarrow{\Delta} Cu_{(s)} + H_2O_{(v)}$$

الاستنتاج

- تحتوي المواد العضوية على عنصري الكربون والهيدروجين.

ملحوظات هامة على رسم المركبات العضوية (موضحة في الأشكال التالية):

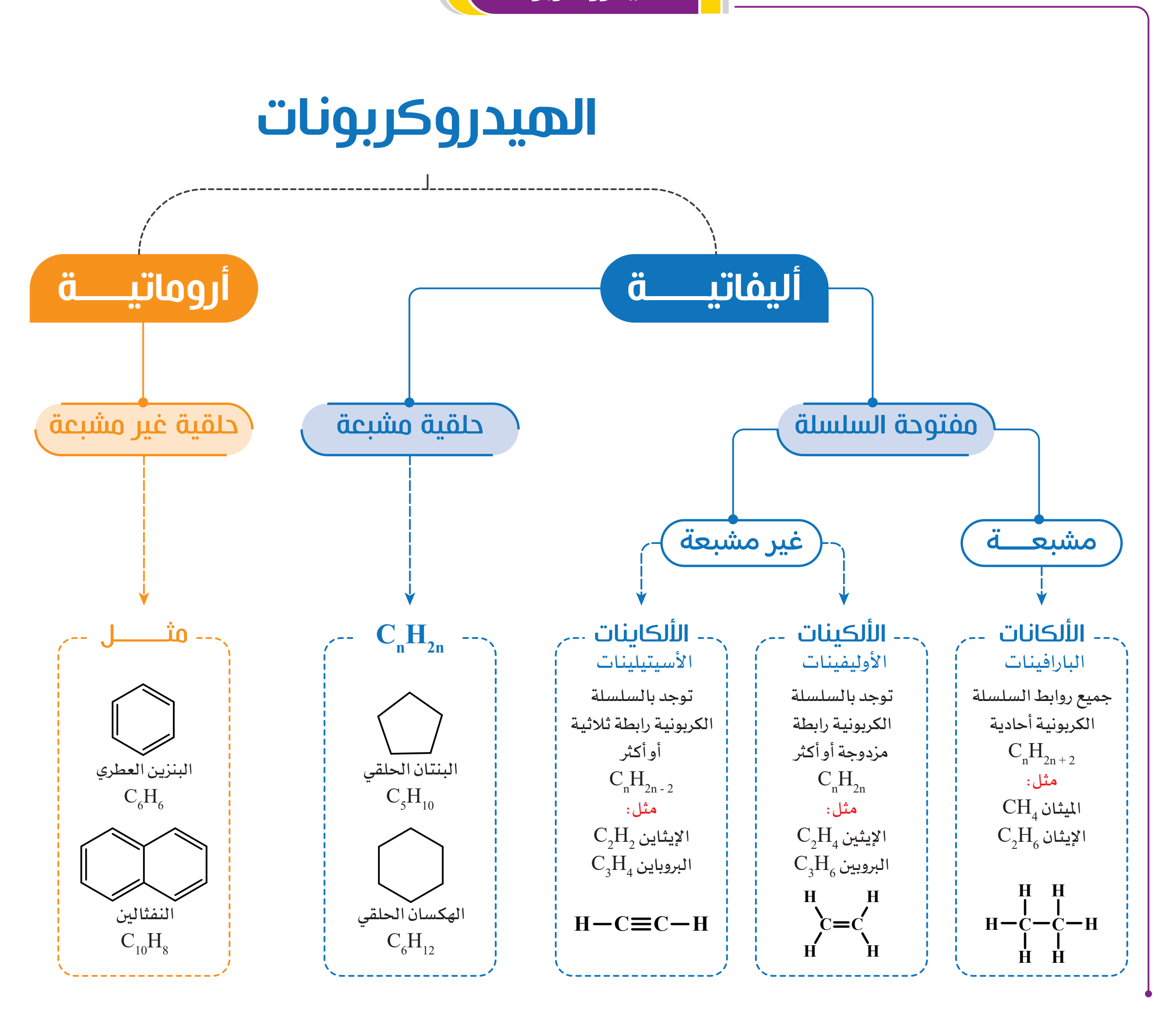
- ذرات الكربون قد يكتفي للتعبير عنها برسم زاوية فقط (كل طرف أو زاوية يعبر عن ذرة كربون)
- ذرات الهيدروجين المرتبطة بالكربون في المركب العضوي قابلة للتجميع وقابلة للحذف.
- يجب إحاطة كل ذرة بعدد من الروابط = تكافؤها

C: رباعي　　N : ثلاثي　　O: ثنائي　　H: أحادي

NH_2 N O N H

$$H-C-C-C-H = CH_3CH_2CH_3 = C_3H_8 =$$

الهيدروكربونات



أولًا الهيدروكربونات الأليفاتية مفتوحة المصدر

١ الهيدروكربونات الأليفاتية مفتوحة السلسلة المشبعة الألكانات (البارافينات)

- مركبات خاملة كيميائيا نسبيا : لأن جميع الذرات مرتبطة بروابط أحادية قوية من النوع سيجما التي يصعب كسرها.
- كل مركب يزيد عن سابقه بمجموعة ميثيلين: CH_2 .
- سلسلة متجانسة من المركبات قانونها العام: C_nH_{2n+2}.

السلسلة المتجانسة

هى مجموعة من المركبات الكيميائية يجمعها قانون جزيئي عام وتشترك في خواصها الكيميائية وتتدرج في خواصها الفيزيائية.

الاستخدامات

- وقود : الميثان يوجد في الغاز الطبيعي بنسبة من 50 % إلى أكثر من 90 %.
- البروبان والبيوتان يعبأ في اسطوانات الوقود.
- تحضير العديد من المركبات العضوية الأخرى.
- الألكانات الأطول في السلسلة الكربونية تتواجد في الكيروسين وزيت الديزل وزيوت التشحيم وشمع البارافين.
- **ملحوظة هامة:** توجد الألكانات بكميات كبيرة في النفط الخام. ويتم فصلها عن بعضها بواسطة **التقطير التجزيئي**.

الميثان (غاز المستنقعات) CH_4

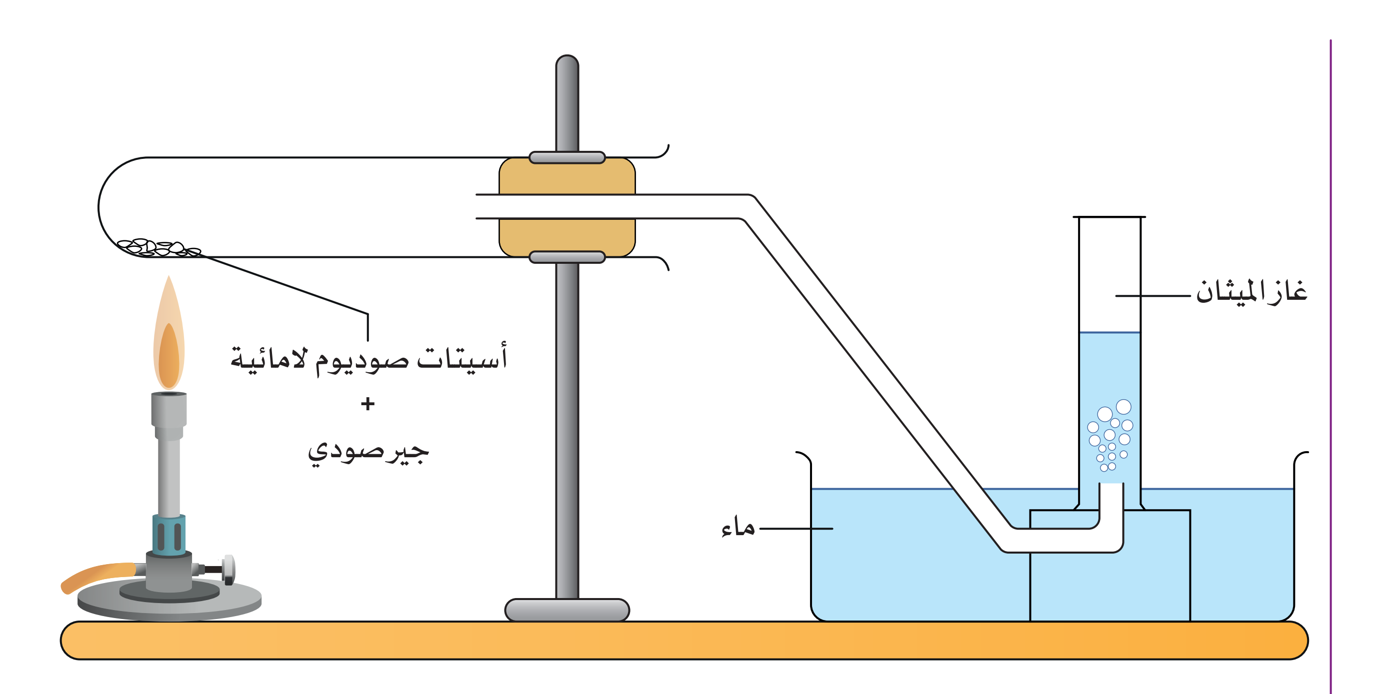
- هو أول سلسلة الألكانات و أبسط المركبات العضوية على الاطلاق.
- **وجوده:**
  - أكثر من 90% من الغاز الطبيعى الموجود فى باطن الأرض.
  - مصاحبا للبترول.
  - مناجم الفحم التى قد تتعرض للانفجار نتيجة اشتعاله.
  - يخرج على هيئة فقاقيع في قاع المستنقعات نتيجة لتحلل المواد العضوية لذا يسمى بغاز المستنقعات.
- **تحضيره:** بالتقطير الجاف:

ملح اسيتات الصوديوم اللامائية CH_3COONa مـع الجير الصودي $NaOH + CaO$

- الصودا الكاوية $NaOH$
- الجير الحي (أكسيد الصوديوم) CaO

لا يدخل في التفاعل وإنما يساعد على خفض درجة انصهار الخليط وامتصاص الرطوبة من وسط التفاعل

$$CH_3COONa_{(s)} + NaOH_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{CaO} CH_{4(g)} + Na_2CO_{3(s)}$$



الخواص العامة للألكانات

عـدد ذرات الكربـــون	الخواص الفيزيائية	الحالة الفيزيائية
1	الميثان: وقود في المنازل	غازات
2		
3	خليط البروبان والبيوتان: وقود مسال في إسطوانات.	
4	البروبان: أكثر تطايرا أقل في درجة الغليان (نسبته أكبر في المناطق الباردة). البيوتان: أقل تطايرا أكبر في درجة الغليان (نسبته أكبر في المناطق الدافئة).	
5-17	الجازولين والكيروسين (وقود)	سوائل
أكثر من 17	شمع البرافين	صلبة

ملحوظات هامة

- كلما زاد عدد ذرات الكربون (الكتلة الجزيئية)، زادت درجة الغليان.
- **الألكانات**: مواد غير قطبية - لا تذوب في الماء
- **علل : تغطى الفلزات بالألكانات الثقيلة مثل الشحم ؟**

لتحميها من التآكل حيث أن الشحم مادة غير قطبية لا تذوب فى الماء فيمنع تفاعل الماء مع الفلزات.

الخواص الفيزيائية

(١) الاحتراق (التسخين في وجود الأكسجين):

- تحترق وتكون ثاني أكسيد الكربون والماء.
- تفاعلات طاردة للحرارة، لذا تستخدم كوقود.

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} CO_{2(g)} + 2H_2O_{(v)} + \text{energy}$$

(٢) التفاعل مع الهالوجينات (الفلور، الكلور، البروم، اليود) (F, Cl, Br, I):

- يشترط لإتمام التفاعل: التسخين إلى 400 أو وجود الأشعة فوق البنفسجية.
- نوع التفاعل : تفاعل استبدال.
- يتوقف الناتج على نسبة الميثان والهالوجين في خليط التفاعل:

$$CH_{4(g)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow{uv} CH_3Cl_{(g)} + HCl_{(g)}$$

كلوريد ميثيل (كلورو ميثان)

$$CH_3Cl_{(g)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow{uv} CH_2Cl_{2(g)} + HCl_{(g)}$$

كلوريد الميثيلين (ثنائي كلورو ميثان)

$$CH_2Cl_{2\,(g)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow{uv} CHCl_{3(g)} + HCl_{(g)}$$

الكلوروفورم (ثلاثي كلورو ميثان) - مخدر

$$CHCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow{uv} CCl_{4(l)} + HCl_{(g)}$$

رابع كلوريد الكربون (رباعي كلورو ميثان)

استخدام مشتقات الألكانات الهالوجينية

Cl
H — C — Cl
Cl

F Br
F — C — C — H
F Cl

مخدر:

- الكلوروفورم $CHCl_3$: غير آمن علل؟

لأنه تسبب في وفيات كثيرة بسبب عدم التقدير الدقيق للجرعة.

- الهالوثان $CHBrCl–CF_3$: أكثر أمانا.

الفريونات (مشتقات هالوجينية للالكانات):

أمثلتها:

ثنائي كلورو – ثنائي فلورو ميثان (وهو الأشهر) CF_2Cl_2.

رابع فلوريد الكربون (رباعى فلوروميثان) CF_4.

تستخدم في:

- أجهزة التكييف والثلاجات
- مواد دافعة للسوائل والروائح
- تنظيف الأجهزة الإلكترونية

تسببت فى تآكل طبقة الأوزون التى تقى الأرض من أخطار الأشعة فوق البنفسجية **لذا:**

هناك اتفاق دولي يحرم استخدام الفريونات بداية من عام 2020.

تستخدم الفريونات بكميات كبيرة. علل؟

لرخص ثمنها وسهولة إسالتها، ولأنها غير سامة ولا تسبب تآكلا فى المعادن.

(٣) التكسير الحراري الحفزي (باستخدم الحرارة والعوامل الحفازة وضغط مرتفع):

التعريف

عملية تحويل النواتج البترولية الثقيلة طويلة السلسلة (الأقل استخداما) إلى جزيئات أصغر وأخف وأكثر استخداما، وتتم أثناء تكرير البترول.

التكوين: ألكانات وألكينات

- ألكانات قصيرة السلسلة: تستخدم كوقود للسيارات (مثل الجازولين).
- ألكينات قصيرة السلسلة: تستخدم في الصناعات الكيميائية مثل صناعة البوليمرات (مثل الإيثين والبروبين).

$$C_8H_{18(l)} \xrightarrow[\text{Catalyst}]{\text{Heat - pressure}} C_4H_{10(l)} + C_4H_{8(g)}$$

الأهمية الاقتصادية للألكانات

الحصول على الكربون المجزأ (أسود الكربون):

التحضير: تسخين الميثان بمعزل عن الهواء عند 1000.

$$CH_{4(g)} \xrightarrow[\text{No air}]{1000\ °C} C_{(s)} + 2H_{2(g)}$$

الاستخدام: صناعة إطارات السيارات، صبغة في الحبر الأسود، البويات، ورنيش الأحذية.

الحصول على الغاز المائي (خليط من غازي الهيدروجين وأول أكسيد الكربون):

التحضير: تسخين الميثان مع بخار الماء عند $725\ °C$ في وجود عامل حفاز.

$$CH_{4(g)} + H_2O_{(v)} \xrightarrow[\text{Catalyst}]{725\ °C} CO_{(g)} + 3H_{2(g)}$$

الاستخدام: كمادة مختزلة، وقود قابل للاشتعال.

مجموعة أو شق الألكيل (R–) Alcyl Radical

التعريف

هي مجموعة ذرية لا توجد منفردة تشتق من الالكان المقابل بعد نزع ذرة هيدروجين منه تسمى باسم الالكان المشتقة منه باستبدال المقطع (آن) بالمقطع (يل ويرمز لها بالرمز (R) وصيغتها العامّة C_nH_{2n+1}.

CH_4	CH_3-	$>CH_2$
ميثان	ميثيل	ميثيلين

أمثلة (هاليد الألكيل)		شق الكيل (R–) $\xrightarrow{-H}$ ألكان (R–H)			
		C_nH_{2n+1}		C_nH_{2n+2}	
كلوريد ميثيل	CH_3Cl	ميثيل	$-CH_3$	ميثان	CH_4
بروميد إيثيل	C_2H_5Br	إيثيل	$-C_2H_5$	إيثان	C_2H_6
يوديد بروبيل	C_3H_7I	بروبيل	$-C_3H_7$	بروبان	C_3H_8

ثانيًا الهيدروكربونات الأليفاتية مفتوحة السلسلة غير المشبعة

- **مجموعة الألكينات:** تتميز بوجود رابطة مزدوجة على الأقل في السلسلة الكربونية.
- **مجموعة الألكاينات:** تتميز بوجود رابطة ثلاثية على الأقل في السلسلة الكربونية.

الألكينات

هيدروكربونات أليفاتية مفتوحة السلسلة توجد بين ذرات الكربون فيها رابطة مزدوجة على الأقل

الألكينات نشطة كيميائيا. علل؟

- بسبب وجود الرابطة المزدوجة التي تتكون من رابطة سيجما القوية و رابطة باي الضعيفة سهلة الكسر مما يفسر نشاطها.
- **القانون العام:** C_nH_{2n}.
- يمكن اعتبار الألكين مشتق من (يساوي) الألكان المقابل بعد نزع ذرتي هيدروجين (ألكان – ذرتي هيدروجين = ألكين).

$$CH_3-CH_3 \xrightarrow{-2H} CH_2=CH_2$$

الإيثان (الألكان المقابل) ← الإيثين (الألكين)

$$CH_3-CH_2-CH_3 \xrightarrow{-2H} CH_2=CH-CH_3$$

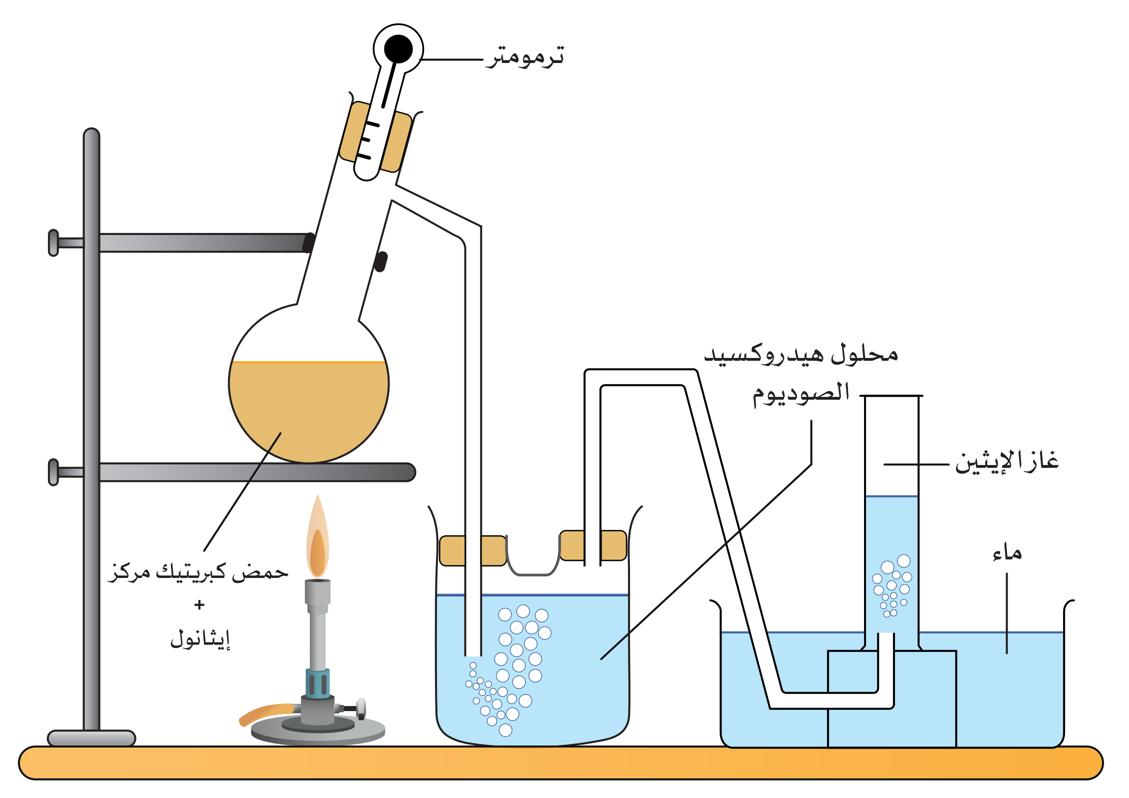
البروبان (الألكان المقابل) ← البروبين (الألكين)

$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 \xrightarrow{-2H} CH_2=CH-CH_2-CH_3$$

البيوتان (الألكان المقابل) ← البيوتين (الألكين)

الإيثين (أول مركبات الألكينات) C_2H_4

- **الاسم الشائع:** الإيثيلين.
- **التحضير:** يتم بـ «انتزاع الماء من الكحول الإيثيلي» باستخدام حمض الكبريتيك المركز الساخن إلى $180\ ^\circ C$.



معادلةالتحضير:

$$C_2H_5OH_{(l)} \xrightarrow[\text{Catalyst/180 °C}]{\text{Conc } H_2SO_4} C_2H_{4(g)} + H_2O_{(v)}$$

خطوات التفاعل:

- يتفاعل الإيثانول مع حمض الكبريتيك المركز لينتج كبريتات الإيثيل الهيدروجينية.
- تنحل كبريتات الإيثيل الهيدروجينية بالحرارة لتكون الإيثين.

$$CH_3CH_2OH_{(L)} + H-OSO_3H_{(L)} \xrightarrow{80\ °C} CH_3CH_2-O-SO_3H_{(aq)} + H_2O_{(v)}$$

$$CH_3CH_2-O-SO_3H_{(aq)} \xrightarrow[180\ °C]{\Delta} CH_2=CH_{2(g)} + H_2SO_{4(aq)}$$

خواص الألكينات

- المركبات الأولى (من 2 : 4 ذرات كربون) غازات، (من 5 : 15 ذرة كربون سوائل)، المركبات الأعلى مواد صلبة.
- الألكينات مواد غير قطبية لا تذوب في المذيبات القطبية كالماء، وتذوب في المذيبات العضوية مثل : الإثير، رابع كلوريد الكربون، البنزين.

الخواص الكيميائية

الاحتراق:

$$C_2H_{4(g)} + 3O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(v)} + energy$$

- تفاعل طارد للحرارة.
- تشتعل في الهواء (الأكسجين) لتنتج : بخار الماء، وثاني أكسيد الكربون.

الإضافة:

(١) إضافة الهيدروجين:

- **شرط التفاعل:** وجود عوامل حفازة مثل النيكل أو البلاتين، التسخين (300 – 150).
- **ناتج التفاعل:** يتكون الألكان المقابل.
- تحتاج كل رابطة باي π مول واحد من الهيدروجين لكسرها مقابل مول من الهيدروكربون.

$$CH_2 = CH_{2(g)} + H_{2(g)} \xrightarrow[150-300\ ^\circ C]{Pt\ or\ Ni} CH_3 - CH_{3(g)}$$

(٢) إضافة الهالوجينات (الهلجنة): (الكشف عن الألكينات الغير مشبعة):

- شرط التفاعل : يستخدم البروم المذاب في رابع كلوريد الكربون (البروم ذو لون أحمر)
- ناتج التفاعل : يتم كسر الرابطة باي وإضافة ذرتي البروم ليتكون 1 , 2 – ثنائي بروموإيثان (عديم اللون).

$$H-\overset{H}{\overset{|}{C}}=\overset{H}{\overset{|}{C}}-H_{(g)} + Br_{2(l)} \xrightarrow{CCl_4} H-\underset{Br}{\underset{|}{\overset{H}{\overset{|}{C}}}}-\underset{Br}{\underset{|}{\overset{H}{\overset{|}{C}}}}-H_{(g)}$$

بروموإيثان

- **علل: يزول لون البروم الأحمر عند إضافته إلى الإيثين؟**

لتكون 1 , 2 – ثنائي بروموإيثان (عديم اللون).

(٣) إضافة هاليدات الهيدروجين (الأحماض الهالوجينية H^+X^-):

- هاليدات الهيدروجين مادة غير متماثلة
- عند إضافتها للألكين يحدث التالي :
  - تنكسر الرابطة باي.
  - تضاف ذرة الهيدروجين الى إحدى ذرتى الكربون في الرابطة باي.
  - تضاف ذرة الهالوجين إلى ذرة الكربون الأخرى.

- يتكون هاليد الألكيل المقابل.

في حالة الألكين المتماثل (ذرتي الكربون المتصلتين بالرابطة المزدوجة تحتويان على نفس العدد من ذرات الهيدروجين): تتم إضافة الهيدروجين لأي من ذرتي الكربون وذرة الهالوجين لذرة الكربون الأخرى.

في حالة الألكين الغير متماثل: (ذرتي الكربون المتصلتين بالرابطة المزدوجة تحتويان على عدد غير متساوي من ذرات الهيدروجين):

- يضاف الهيدروجين لذرة الكربون الأغنى بالهيدروجين.
- ويضاف الهالوجين لذرة الكربون الأفقر (المرتبطة بعدد ذرات هيدروجين أقل).

$$CH_3-CH=CH_{2(g)} + HBr_{(g)} \longrightarrow CH_3-CHBr-CH_{3(g)}$$

بروبين ⟵ ٢- برومو بروبان

قاعدة ماركونيكوف

عند إضافة متفاعل غير متماثل $(H^+-OSO_3H^-)$ أو (H^+X^-) فإن الجزء الموجب من المتفاعل (H^+) يضاف إلى ذرة الكربون الحاملة لعدد اكبر من ذرات الهيدروجين والجزء السالب (X^-) يضاف إلى ذرة الكربون الحالة لعدد أقل من ذرات الهيدروجين.

(٤) إضافة الماء:

علل: يجب إضافة حمض الكبريتيك المخفف إلى الإيثين قبل إضافة الماء؟

لأن التفاعل لا يتم إلا في وسط حامضي (تركيز عال من أيونات الهيدروجين)

لذا يضاف حمض الكبريتيك لتوفير أيونات الهيدروجين الموجب، حيث أن الماء إلكتروليت ضعيف وتركيز أيونات الهيدروجين الناتجة منه يكون ضعيفا ولا يكفي لكسر الرابطة المزدوجة

خطوات التفاعل:

(١) تفاعل حمض الكبريتيك المخفف مع الإيثين عند $80\ ^\circ C$ فتتكون: كبريتات الإيثيل الهيدروجينية

(٢) التحلل المائي لكبريتات الإيثيل الهيدروجينية.

$$CH_2 = CH_{2(g)} + H-OSO_3H_{(aq)} \xrightarrow[80\ ^\circ C]{\Delta} CH_3-CH_2-OSO_3H_{(aq)}$$

$$CH_3-CH_2-OSO_3H_{(aq)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow[110\ ^\circ C]{\Delta} CH_3-CH_2-OH_{(l)} + H_2SO_{4(aq)}$$

الهيدرة الحفزية

$$CH_2 = CH_{2(g)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow[110\,°C]{dil.\ H_2SO_4} CH_3 - CH_2 - OH_{(aq)}$$

الأكسدة (تفاعل باير):

$$\begin{array}{c} H \quad H \\ | \quad\; | \\ C{=}C \\ | \quad\; | \\ H \quad H \end{array} + H_2O + [O] \xrightarrow[\text{وسط قلوي}]{KMnO_4} \begin{array}{l} CH_2 - OH \\ | \\ CH_2 - OH \end{array}$$

إيثيلين جليكول

العوامل المؤكسدة المستخدمة : فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 وبرمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$

ناتج الأكسدة : مركبات ثنائية الهيدروكسيل تعرف ب " الجلايكولات "

تطبيقات تفاعل الأكسدة : " الكشف عن الرابطة المزدوجة باستخدام تفاعل باير "

فكرة الكشف : إمرار غاز الإيثين في محلول برمنجنات البوتاسيوم (لونها بنفسجي) في وسط قلوي فيزول اللون (زوال اللون يدل على وجود الرابطة المزدوجة، وبقاء اللون يدل على غياب الرابطة المزدوجة).

استخدامات الإيثيلين جليكول : المادة الأساسية المانعة لتجمد المياه في مبردات السيارات. علل؟

لأنه يكون روابط هيدروجينية مع جزيئات الماء فيمنع تجمعها على هيئة بللورات ثلجية.

البلمرة:

التعريف

تجمع عدد كبير من جزيئات مركبات بسيطة (من المائة حتى المليون) لتكوين جزيء عملاق له كتلة جزيئية كبيرة

- الجزيء الأولي الصغير يسمى : مونيمر، والجزيء الكبير الناتج يسمى : بوليمر
- كلمة بوليمر لاتينية الأصل تعني : عديد الوحدات
- تفاعلات البلمرة الكيميائية فتحت الباب لتحضير العديد من المنتجات التي ساهمت في ازدهار الحضارة

هناك طريقتين أساسيتين لعملية البلمرة : البلمرة بالإضافة، والبلمرة بالتكاثف:

(١) البلمرة بالإضافة:

التعريف:

إضافة أعداد كبيرة من جزيئات مركب صغير وغير مشبع إلى بعضها البعض لتكوين جزيء مشبع كبير جدا مثل البولي إيثيلين.

- تكون الألكينات بوليمرات بالإضافة.

شروط حدوث بلمرة الإيثين (كمثال):

- تسخين الإيثين.
- تحت ضغط كبير حوالي 10000 atm
- وجود فوق الأكاسيد كمواد بادئة للتفاعل

ناتج البلمرة : البولي إيثيلين الذي تبلغ كتلته 30000 بينما كتلة المونيمر (الإيثين = 28).

تفسير حدوث عملية البلمرة:

- تنكسر الرابطة باي ويتحرر إلكتروني هذه الرابطة
- يصبح لكل ذرة كربون إلكترون حر
- ترتبط ذرات الكربون عن طريق إلكتروناتها الحرة مع بعضها البعض بروابط تساهمية أحادية مكونة سلاسل طويلة من جزيئات البوليمر.

المونيمر	البوليمر	الاسم التجاري	خواصه	الاستخدامات
إيثين	بولي إيثيلين	بولي إيثيلين (PE)	لين ويتحمل المواد الكيميائية	- الرقائق والأكياس البلاستيكية - الزجاجات البلاستيكية - الخراطيم
بروبين	بوولي بروبلين	بولي بروبلين (PP)	قوي وصلب	- السجاد والمفارش - الشكائر البلاستيكية - المعلبات
كلورو إيثين كلوريد فاينيل	بولي كلورو إيثين	بولي فاينيل كلوريد (PVC)	لين وقوي	- مواسير الصرف الصحي والري - الأحذية - خراطيم المياه - عوازل الأرضيات - جراكن الزيوت المعدنية
رباعي فلوروإيثين	بولي رباعي فلوروإيثين	تفلون	يتحمل الحرارة غير قابل للالتصاق عازل للكهرباء وخامل	- خيوط جراحية - تبطين أواني الطهي

(٢) البلمرة بالتكاثف:

التكاثف:

هو ارتباط مع فقد جزيء ماء.

تتم بين مونومرين مختلفين يحدث بينهما تكاثف لتكوين بوليمر مشترك والذي يعتبر الوحدة الأولى التي تستمر عملية البلمرة بين جزيئاتها.

الألكاينات (الأسيتيلينات)

التعريف:

هيدروكربونات أليفاتية مفتوحة السلسلة توجد بين ذرات الكربون فيها رابطة ثلاثية واحدة على الأقل

القانون العام: C_nH_{2n-2}

لاحظ: الألكاينات تقل عن الألكينات بعدد 2 ذرة هيدروجين وعن الألكانات بعدد 4 ذرة هيدروجين

النشاط : مركبات شديدة النشاط . علل ؟

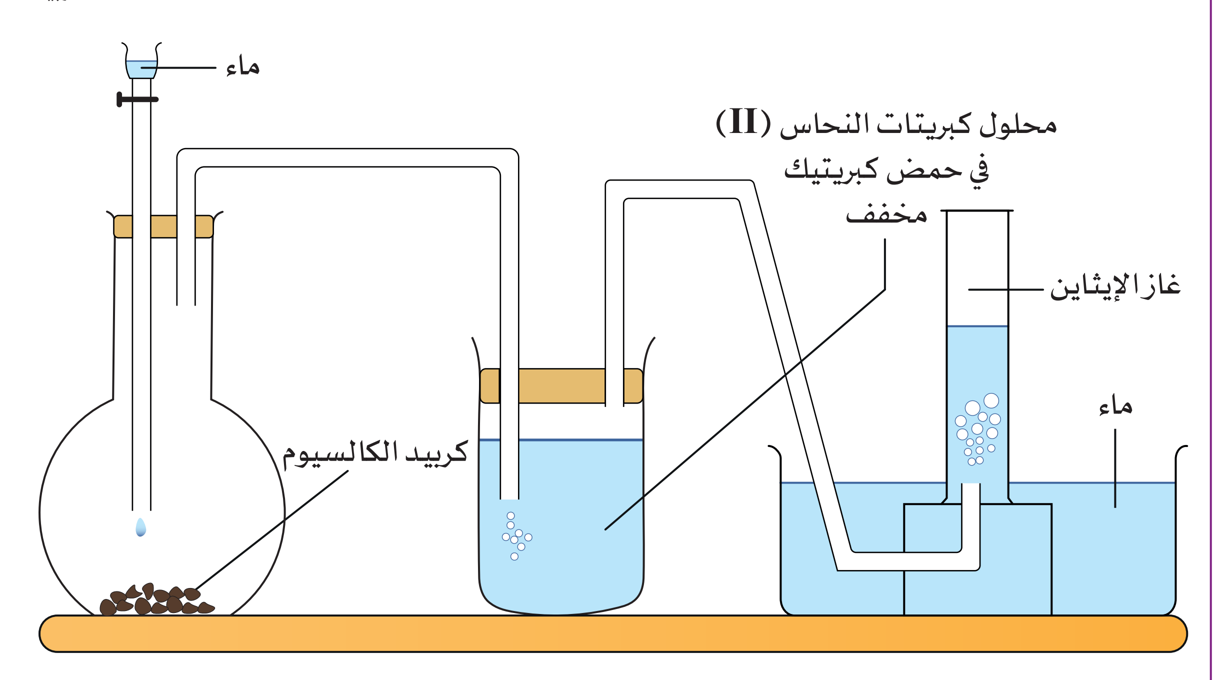
لأنها تحتوي على رابطة سيجما وعدد 2 رابطة باي الضعيفة سهلة الكسر مما يفسر شدة نشاطها.

الإيثاين (الأسيتيلين) C_2H_2

هو أول مركبات مجموعة الأسيتيلينات (الألكاينات).

التحضير:

$$\underset{\text{كربيد كالسيوم}}{CaC_{2(s)}} + 2H\text{-}OH_{(\ell)} \longrightarrow H-C\equiv C-H_{(g)} + Ca(OH)_{2(aq)}$$



(أ) في المعمل : (مركب عضوي من آخر غير عضوي):

- يتم تنقيط الماء على كربيد الكالسيوم (ثاني كربيد الكالسيوم)
- يحتوي كربيد الكالسيوم على شوائب (P , S)

- تتسبب هذه الشوائب في إنتاج غاز الفوسفين PH_3 وغاز كبريتيد الهيدروجين H_2S.
- يمرر الغاز قبل جمعه على محلول كبريتات نحاس في حمض كبريتيك مخفف . علل ؟

لإزالة غاز الفوسفين PH_3 وغاز كبريتيد الهيدروجين H_2S (الغازات الناتجة من الشوائب الموجودة في كربيد الكالسيوم).

(ب) في الصناعة:

تسخين الميثان لدرجة أعلى من 1400 ثم التبريد السريع للناتج.

$$2CH_{4(g)} \xrightarrow[\text{تبريد سريع}]{1500\ °C} C_2H_{2(g)} + 3H_{2(g)}$$

الخواص الكيميائية:

(١) الاحتراق:

في كمية محدودة من الأكسجين (في الهواء الجوي):

لا يحترق الكربون تماما لذلك يحترق الإيثاين بلهب مدخن.

$$2C_2H_{2(g)} + 3O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(v)} + 2C_{(s)}$$

في وفرة من الأكسجين:

- يحترق الإيثاين تماما معطيا ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء.
- يكون التفاعل طاردا للحرارة (تبلغ الحرارة المنطلقة حوالي $3000\ ^\circ C$).
- ينتج ما يعرف بلهب الأوكسي أسيتيلين المستخدم في لحام وقطع المعادن.

$$2C_2H_{2(g)} + 5O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 4CO_{2(g)} + 2H_2O_{(v)} + heat$$

(٢) تفاعلات الإضافة:

في الإيثاين تتم تفاعلات الإضافة على مرحلتين . علل ؟

لأن جزيء الإيثاين يحتوي (بجانب الرابطة سيجما) على رابطتين باي :

- ففي المرحلة الأولى : تتحول الرابطة الثلاثية إلى ثنائية (كسر الرابطة باي الأولى)
- وفي المرحلة الثانية : تتحول الرابطة الثنائية إلى أحادية (كسر الرابطة باي الثانية)
- ويتضح ذلك في الأمثلة التالية :

(أ) إضافة الهيدروجين (الهدرجة) في وجود النيكل المجزأ:

$$H-C\equiv C-H_{(g)} \xrightarrow[Ni]{H_2} H_2C=CH_{2(g)} \xrightarrow[Ni]{H_2} H_3C-CH_{3(g)}$$

إيثاين — إيثين — إيثان

(ب) إضافة الهالوجينات (الهلجنة):

- يتفاعل الإيثاين مع الهالوجينات بشدة
- التفاعل مع الكلور : يكون مصحوبا بلهب وضوء
- التفاعل مع محلول البروم المذاب في رابع كلوريد الكربون : يزول لون البروم الأحمر
- **تذكر:** الكشف عن عدم التشبع في جزيء الإيثاين والإيثين بنفس الطريقة.

$$C_2H_{2(g)} + Br_{2(l)} \xrightarrow{CCl_4} C_2H_2Br_{2(l)} \xrightarrow{Br_2} C_2H_2Br_{4(l)}$$

(ج) إضافة هاليدات الهيدروجين (الأحماض الهيدروجينية HX):

$$H-C\equiv C-H_{(g)} + HBr_{(g)} \longrightarrow H_2C=CHBr_{(g)} \xrightarrow{HBr} H_3C-CHBr_{2(l)}$$

إيثاين (أسيتيلين) — بروموإيثين (بروميد الفاينيل) — 1,1- ثنائي بروموإيثان

لماذا لا يتكون 2.1 ثنائي بروموإيثان؟

تذكر قاعدة ماركونيكوف.

(د) إضافة الماء الهيدرة الحفزية:

شروط التفاعل : وجود عوامل حفز مثل حمض الكبريتيك وكبريتات الزئبق II ،

درجة حرارة 60 °C لتكوين الاسيتالدهيد (الإيثانال)

يمكن إجراء أحد تفاعلين لـ : الاسيتالدهيد (الإيثانال) :

(١) الأكسدة : لصناعة حمض الإيثانويك

(٢) الاختزال : لصناعة الإيثانول (الكحول الإيثيلي)

$$H-C\equiv C-H_{(g)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow[HgSO_4\,(60\,°C)]{H_2SO_4\,(40\%)} [H-C(OH)=CH-H] \xrightarrow{\text{إعادة ترتيب}} H_3C-CHO_{(l)}$$

أسيتيلين — كحول الفاينيل — إيثانال (أسيتالدهيد)

$$H_3C-CHO \xrightarrow[\text{Acidified } KMnO_4]{\text{أكسدة } [O]} CH_3COOH \text{ (حمض إيثانويك)}$$

$$H_3C-CHO \xrightarrow{\text{اختزال } [2H]} CH_3CH_2OH \text{ (الإيثانول)}$$

الهيدروكربونات الحلقية

أ الحلقية المشبعة (الألكانات الحلقتية)

- الهيدروكربونات التي تتكون من ثلاث ذرات كربون فأكثر يمكن أن توجد في شكل حلقي.
- الصيغة العامة للألكانات الحلقية: C_nH_{2n} (نفس الصيغة الجزيئية للألكينات الأليفاتية) لذا يجب التفريق بينهما عند كتابة الصيغة الجزيئية.
- يتم تسمية الألكانات الحلقية مثل الألكانات غير الحلقية مع إضافة سيكلو في المقدمة أو حلقي في النهاية.
- البروبان الحلقي أكثر نشاطا من البروبان المستقيم . علل ؟

لأن الزوايا بين الروابط في البروبان الحلقي صغيرة $60\ ^\circ C$ مما يؤدي إلى تداخل ضعيف بين الأوربيتالات الذرية فيكون الارتباط بين ذرات الكربون ضعيفا مما يزيد من نشاطها .

- مركب السيكلوبروبان أكثر نشاطا من السيكلو بيوتان. علل ؟

لأن الزوايا بين الروابط في البروبان الحلقي (صغيرة) $60\ ^\circ C$. بينما في البيوتان الحلقي (أكبر) $90\ ^\circ C$.
فيكون التداخل أضعف بين الأوربيتالات الذرية في السيكلوبروبان أضعف والارتباط بين ذرات الكربون أضعف مما يزيد من نشاطه.

- السيكلوبنتان والسيكلوهكسان مركبات مستقرة وثابتة . علل ؟

لأن الزوايا بين الروابط كبيرة تقترب من $109.5\ ^\circ C$ وبالتالي يكون التداخل بن الأوربيتالات قويا لتتكون روابط سيجما القوية.

بروبان حلقي
(سيكلو بروبان)

بيوتان حلقي
(سيكلو بيوتان)

بنتان حلقي
(سيكلو بنتان)

ب الحلقية غير المشبعة (المركبات الأروماتية العطرية)

ميز الكيميائيون بين نوعين من المركبات العضوية :

(١) المركبات الأليفاتية (الدهنية) :

- مشتقة من الأحماض الدهنية
- بها نسبة عالية من الهيدروجين
- الميثان أول أفرادها

(٢) المركبات الأروماتية العطرية (توجد في شكل حلقة بنزين أو اثنين أو أكثر) :

- مشتقة من بعض الراتنجات والمنتجات الطبيعية (الراتنج : مثل أصماغ وزيوت النبات).
- بها نسبة أقل من الهيدروجين
- البنزين العطري أول أفرادها ولها روائح عطرية مميزة.

الصيغة البنائية للبنزين

علل : استغرق التعرف على الصيغة البنائية للبنزين سنوات عديدة ؟

لأنه يتفاعل بالإحلال والإضافة وطول الروابط بين ذرات الكربون وسط بين طول الرابطة الأحادية والثنائية وغيرها من الخواص.

توصل العالم كيكولي إلى الشكل السداسي الحلقي الذي تتبادل فيه الروابط المزدوجة والأحادية.

تحضير البنزين في الصناعة

تحضير البنزين في الصناعة

من قطران الفحم

الفحم الحجري

تقطير إتلافي — تسخين بمعزل عن الهواء

يتحلل إلى غازات وسوائل أهمها قطران الفحم (ويتبقى فحم الكوك)

قطران الفحم

تقطير تجزيئي

مركبات عضوية هامة منها البنزين نحصل عليه عن درجة $80 - 82\ ^\circ C$

من الفينـــــــــــول

يمرر بخار الفينول على مسحوق الزنك الساخن

يختزل الزنك بخار الفينول مكونا البنزين

$$C_6H_5OH_{(v)} + Zn_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{Reduction} C_6H_{6(\ell)} + ZnO_{(s)}$$

من المشتقات البترولية الأليفاتية

نظرا للطلب الكبير على البنزين العطري باعتباره مادة أولية هامة في الصناعات الكيميائية

من الهكسان العادي

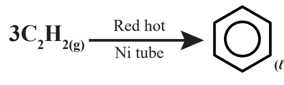
إعادة تشكيل محفزة

يمرر الهكسان على : عامل حفز يحتوى على البلاتين في درجة حرارة مرتفعة

$$C_6H_{14(l)} \longrightarrow C_6H_{6(v)} + H_{2(g)}$$

بلمرة الإيثايـــــــــــن

يمرر في أنبوبة نيكل مسخنة لدرجة الاحمرار



$$3C_2H_{2(g)} \xrightarrow[Ni\ tube]{Red\ hot} C_6H_{6(\ell)}$$

تحضير البنزين في المعمل

التقطير الجاف لملح بنزوات الصوديوم مع الجير الصودي (تذكر تفاعل تحضير الميثان في المعمل).

$$C_6H_5COONa_{(s)} + NaOH_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{CaO} C_6H_{6(v)} + Na_2CO_{3(s)}$$

يشتعل البنزين مصحوبا بدخان أسود لاحتوائه على نسبة كبيرة من الكربون.

خواص البنزين

الخواص الفيزيائية:

(١) سائل شفاف

(٢) لا يمتزج بالماء

(٣) له رائحة مميزة

(٤) يغلي عند 80 °C

الخواص الكيميائية:

تفاعلات الإضافة:

(١) الهدرجة

(٢) الهلجنة

تفاعلات الإحلال:

(١) الهلجنة

(٢) الألكلة

(٣) النيترة

(٤) السلفنة

تفاعلات الإضافة

تفاعلات الإضافة في البنزين صعبة ولا تحدث إلا تحت ظروف خاصة

الهدرجة:

$$C_6H_{6(\ell)} + 3H_{2(g)} \xrightarrow[\text{Catalyst}]{\text{Heat - Pressure}} C_6H_{12(\ell)}$$

بنزين ← هكسان حلقي

الهلجنة:

بنزين + كلور أو بروم (في ضوء الشمس UV) ⟵ هالو الهكسان الحلقي

$$C_6H_{6(\ell)} + 3Cl_{2(g)} \xrightarrow{UV} C_6H_6Cl_{6(l)}$$

سداسي كلورو هكسان حلقي
(الجامكسان)

تفاعلات الإحلال (استبدال ذرة هيدروجين أو أكثر بذرات أو مجموعات أخرى)

تعتبر تفاعلات الإحلال هي التفاعلات الهامة للبنزين؟

لأنها تمكننا من الحصول على مركبات لها أهمية اقتصادية كبيرة.

الهلجنة (لإنتاج هاليد الأريل):

بنزين + هالوجين (في وجود عامل حفز مناسب) ⟵ استبدال ذرة هيدروجين أو أكثر بذرة هالوجين

بنزين + كلور (في وجود كلوريد الحديد III كعامل حفز) ⟵ كلوروبنزين

$$C_6H_{6(\ell)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow[UV]{FeCl_3} C_6H_5Cl_{(\ell)} + HCl_{(g)}$$

كلوروبنزين

- تنتج هاليدات الأريل بكميات كبيرة لاستخدامها كمبيد حشري أكثرها استخداما هو مبيد D.D.T. (ثنائي كلورو ثنائي فينيل ثلاثي كلورو إيثان).

ثنائي كلورو ثنائي فينيل ثلاثي كلورو إيثان

- مركب D.D.T. مركب شديد السمية . **علل ؟**

لأن الجزء $CH\,CCl_3$ يذوب في النسيج الدهني للحشرة فيقتلها

وصف مركب D.D.T. بأنه أقبح مركب كيميائي . **علل ؟**

لمشاكله البيئية المترتبة على استخدامه.

الألكلة (تفاعل فريدل كرافت):

بنزين + هاليدات الألكيل RX (في وجود مادة حفازة مثل كلوريد الأمونيوم اللامائي)

تحل مجموعة الألكيل –R محل ذرة هيدروجين –H في حلقة البنزين ليتكون ألكيل بنزين.

$$C_6H_{6(\ell)} + CH_3Cl_{(g)} \xrightarrow[\text{(anhydrous)}]{AlCl_3} C_6H_5CH_{3(\ell)} + HCl_{(g)}$$

ميثيل بنزين (طولوين)

النيترة:

بنزين + حمض النيتريك (في وجود حمض الكبريتيك المركز)

تحل مجموعة النيترو $-NO_2$ محل ذرة هيدروجين –H في حلقة البنزين، ليتكون نيتروبنزين.

$$C_6H_{6(\ell)} + \underset{(HO\text{-}NO_2)_{(l)}}{HNO_3} \xrightarrow[50\ °C]{\text{Conc. } H_2SO_4} C_6H_5NO_{2(\ell)} + H_2O_{(v)}$$

نيتروبنزين

مركبات عديد النيترو العضوية:

- مواد شديدة الانفجار : لأنها تحتوي على وقودها الذاتي (الكربون) والمادة المؤكسدة (الأكسجين)، لذا فهي تحترق بسرعة وتنتج كمية كبيرة من الحرارة والغازات
- **تعليل الانفجار:** بسبب ضعف الرابطة بين N–O بالنسبة للرابطتين القويتين C–O في ثاني أكسيد الكربون والرابطة في N–N في جزيء النيتروجين من مركبات النيترو العضوية المتفجرة T.N.T (ثلاثي نيترو الطولوين)
- تحضير المركب : عن طريق تفاعل خليط النيترة (حمض النيتريك المركز والكبريتيك المركز بنسبة 1 : 1) مع الطولوين.

$$C_6H_5CH_{3(\ell)} + 3HNO_{3(\ell)} \xrightarrow[\text{Conc}/\Delta]{H_2SO_4} \text{2,4,6-}(O_2N)_3C_6H_2CH_{3(s)} + 3H_2O_{(v)}$$

ثلاثي نيتروالطولوين

السلفنة:

بنزين + حمض الكبريتيك المركز

تحل مجموعة حمض السلفونيك $-SO_3H$ محل ذرة هيدروجين $-H$ في حلقة البنزين، ليتكون حمض بنزين السلفونيك.

$$C_6H_{6(\ell)} + HO\text{-}SO_3H_{(\ell)} \xrightarrow{Conc.} C_6H_5SO_3H_{(\ell)} + H_2O_{(\ell)}$$

حمض بنزين السلفونيك

المنظفات الصناعية (القائمة على مركبات حمض السلفونيك الأروماتية)

معادلة التحضير

- مركبات حمض السلفونيك الأروماتية + الصودا الكاوية ⟵ الملح الصوديومي القابل للذوبان في الماء (المنظف)

$$R-C_6H_4-SO_3H_{(\ell)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow R-C_6H_4-SO_3^-Na^+_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

أجزاء المنظف

- **الجزء الأول :** الذيل – السلسلة الهيدروكربونية الطويلة (كارهة للماء)
- **الجزء الثاني :** الرأس – مجموعة متأينة (محبة للماء)

كيفية عمل المنظف

- لا يصلح الماء في إزالة البقع الدهنية من على الأنسجة . علل ؟

لأنها من المواد العضوية بينما الماء مذيب قطبي ولهذا تستخدم المنظفات الصناعية في عملية التنظيف

(١) إضافة المنظف للماء تقلل من توتره السطحي

(٢) تزيد قدرة الماء على تندية (بلل) النسيج المراد تنظيفه

(٣) ترتب جزيئات المنظف نفسها كالتالي :

- يتجه الذيل الكاره للماء نحو البقعة الدهنية ويلتصق بها
- يتجه الرأس المحب للماء نحو الماء
- فتتغطى البقعة الدهنية بجزيئات المنظف

(٤) الاحتكاك الميكانيكي : أثناء الغسيل يؤدي إلى طرد القاذورات وتكسيرها إلى كرات صغيرة

(٥) تنفصل الكرات نتيجة التنافر بين رءوس جزيئات المنظف (لأن الشحنات المتشابهة تتنافر)

(٦) تتعلق الكرات في الماء على هيئة مستحلب ليتم التخلص منها خلال عملية الشطف

تصنيف المركبات العضوية

- في الماضي: اعتمد على خواصها الفيزيائية مثل الرائحة والطعم، وبعض خواصها الكيميائية.
- مع تقدم طرق التحليل الكيميائي: اعتمد على المجموعات الوظيفية. علل ؟

حيث وجد أنّ الخواص الفيزيائية والكيميائية للمركبات تعزى إلى وجود مجموعات معينة تسمى المجموعات الوظيفية.

المجموعات الوظيفية أو الفعالة:

- هي عبارة عن ذرة أو مجموعة من الذرات مرتبطة بشكل معين، وتكون ركنا من جزيء المركب، ولكن فاعليتها (وظيفتها) تتغلب على خواص الجزيء بأكمله.
- صنفت المركبات العضوية إلى مجموعات يتميز كل منها بوجود مجموعة وظيفية معينة.

القسم	الصيغة العامة	المجموعة الوظيفية	مثال
الكحولات	R—OH	الهيدروكسيل (—OH)	كحول ميثيلي (CH_3OH)
الفينولات	Ar—OH	الهيدروكسيل (—OH)	الفينول
الإثيرات	R—O—R	الإثيرية (-O-)	اثير ثنائي الميثيل ($CH_3—O—CH_3$)
الألدهيدات	R—CHO	الفورميل (—HCO)	استيالدهيد ($CH_3—CHO$)
الكيتونات	R—CO—R	الكربونيل (—C=O)	أسيتون $H_3C—C(=O)—CH_3$
الأحماض الكربوكسيلية	R—CO—OH	الكربوكسيل (—COOH)	حمض الأستيك (CH_3COOH)
الاسترات	R—CO—OR	الاستر (—COOR)	استر اسيتات الايثيل ($CH_3COOC_2H_5$)
الأمنيات	$R—NH_2$	الأمين (امينو) ($—NH_2$)	ايثيل آمين ($C_2H_5NH_2$)

الكحولات والفينولات

الكحولات

مركبات عضوية تحتوي جزيئاتها على مجموعة أو أكثر من مجموعات الهيدروكسيل – متصلة بمجموعة ألكيل (R).

الفينولات

مركبات عضوية تحتوي جزيئاتها على مجموعة أو أكثر من مجموعات الهيدروكسيل – متصلة بمجموعة آريل (Ar).

- **كحول:** R–OH
- **فينول:** Ar–OH
- يمكن اعتبار الكحولات والفينولات :

(١) **مشتقات من الماء :** باستبدال ذرة هيدروجين بمجموعة الكيل أو آريل

(٢) **مشتقات هيدروكسيلية للهيدروكربونات الأليفاتية أو الآروماتية :** باستبدال ذرة هيدروجين أو أكثر بمجموعة هيدروكسيل أو أكثر.

الكحـــــولات

التسمية

هناك طريقتان لتسمية الكحولات وهي:

(أ) التسـمية تبعًـا لمجموعـة الأكيـل (التسـمية الشـائعة): وتسـمي فيهـا الكحـولات تبعـا لمجموعـة الألكيـل تسـبقها كلمـة كحـول مثـل كحـول ميثيلـي CH_3OH وكحـول ايثيلـي C_2H_5OH.

(ب) التسـمية تبعًا لنظام الأيوباك: كما سبق بيانه

ملحوظـة: فـي التسـميات الشـائعة اصطلـح علـى أنّ يطلـق اسـم أيـزو علـى شـق الألكيـل إذا كانـت ذرة كربـون مجموعـة الهيدروكسـيل متصلـة بذرتـي كربـون.

$CH_3-CH(CH_3)-OH$
كحول ايزوبروبيلي
أو 2-بروبانول

$CH_3-CH_2-CH_2-OH$
كحول بروبيلي عادي
أو 1-بروبانول

تصنيف الكحولات

بحسب عدد مجموعات الهيدروكسيل في الجزيء إلى أربعة أنواع:

(١) أحادية الهيدروكسيل CH_3OH الميثانول.

(٢) ثنائية الهيدروكسيل $C_2H_4(OH)_2$ الإيثيلين جليكول.

(٣) ثلاثية الهيدروكسيل $C_3H_5(OH)_3$ الجليسرول.

(٤) عديدة الهيدروكسيل $C_6H_8(OH)_6$ السوربيتول.

تصنيف الكحولات أحادية الهيدروكسيل إلى ثلاثة أنواع:

حسب نوع الكاربينول (ذرة الكربون المتصلة بمجموعة الهيدروكسيل):

(١) **كحولات أولية**: تكـون مجموعـة الكاربينـول طرفيـة أو ترتبـط بـذرة كربـون واحـدة وذرتـي هيدروجيـن، مثـال: ايثانول.

(٢) **كحولات ثانوية**: ترتبـط فيهـا مجموعـة الكاربينـول بذرتـي كربـون وذرة هيدروجيـن واحـدة، مثـال: كحـول ايزوبروبيلـي ثانـوي (2- بروبانـول)

(٣) **كحولات ثالثية**: ترتبـط فيهـا مجموعـة الكاربينـول بثـلاث ذرات كربـون، مثـال: كحـول بيوتيلي ثالثي (2- ميثيـل - 2 - بروبانـول)

الكحولات أحادية الهيدروكسيل

- مثال : الكحول الإيثيلي (الإيثانول) C_2H_5OH.
- يعتبر الإيثانول أقدم المركبات العضوية التي حضرت صناعيًا حيث حضره قدماء المصريين من تخمر المواد السكرية والنشوية.

طرق تحضير الإيثانول في الصناعة:

(١) بالتخمر الكحولي:

- ينتج حوالي 20% من الإيثانول على مستوى العالم من عمليات التخمر الكحولي للمواد السكرية والنشوية خاصة في البلدان التي تكثر فيها زراعات قصب السكر والبنجر والذرة
- في مصر يحضر الإيثانول من المولاس – وهو المحلول السكري المتبقي بعدما يستخلص منه السكر (وذلك في مصانع شركة السكر والتقطير المصرية – بالحوامدية)
- تجري عملية التخمر بإضافة الخميرة (إنزيم الزيميز) Zymase enzyme إلى المولاس (سكروز) فيتكون الإيثانول وثاني أكسيد الكربون تبعا للخطوات التالية :

$$C_{12}H_{22}O_{11(s)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow{\text{hydrolysis}} C_6H_{12}O_{6(aq)} + C_6H_{12}O_{6(aq)}$$

$$C_6H_{12}O_{6(aq)} \xrightarrow[\text{zymase enzyme}]{\text{yeast}} 2C_2H_5OH_{(l)} + 2CO_{2(g)}$$

(٢) هيدرة الإيثين:

$$\text{منتجات بترولية} \xrightarrow{\text{Cracking}} \underset{(g)}{H_2C{=}CH_2} + H_2O_{(l)} \xrightarrow[110^\circ C]{\text{dil. } H_2SO_4} C_2H_5OH_{(v)}$$

- الطريقة الشائعة لتحضير الإيثانول – وتجري في معظم البلدان النفطية :

(أ) تكسير المواد البترولية الكبيرة السلسلة ينتج غاز الإيثين

(ب) الهيدرة الحفزية للإيثين باستخدام حمض الكبريتيك أو الفوسفوريك يتكون الإيثانول.

لذا يعتبر الإيثانول من البتروكيمياويات (وهي الكيماويات التي تصنع من البترول). علل ؟

ملحوظة: الإيثين هو الألكين الوحيد الذي يعطي كحول أولي بالهيدرة الحفزية – أما باقي الألكينات فتعطي كحولات ثانوية أو ثالثية (قاعدة ماركونيكوف)

$$CH_2{=}CH{-}CH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow[110\ ^\circ C]{H_2SO_4} CH_3{-}CH(OH){-}CH_{3(l)}$$

بروبين → 2- بروبانول (كحول ثانوي)

$$CH_3{-}C(CH_3){=}CH{-}CH_{3(l)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow[110\ ^\circ C]{H_2SO_4} CH_3{-}C(CH_3)(OH){-}CH_2{-}CH_{3(l)}$$

2- ميثيل -2- بيوتين → 2- ميثيل -2- بيوتانول (كحول ثالثي)

الكحول المحول أو السبرتو الأحمر

- الإيثانول له فوائد وأضرار :
- **فوائده :** كوقود، وفي الصناعات الكيميائية ،،،، وكمذيب عضوي بثمن اقتصادي
- **أضراره :** المشروبات الكحولية لما لها من أضرار صحية واجتماعية جسيمة

للحد من تناول المشروبات الكحولية لما لها من أضرار صحية واجتماعية يتم عمل الآتي :

(١) تفرض ضريبة إنتاج عالمية على الإيثانول النقي الذي تركيزه 96%.

(٢) تضاف إليه بعض المواد السامة، مثل : الميثانول (يسبب الجنون والعمى)، والبيريدين (رائحته كريهة)، وبعض الصبغات لتلوينه.

وهذه الإضافات لا يمكن فصلها عن الإيثانول إلّا بعمليات كيميائية معقدة – بجانب أنّ القانون يعاقب عليها.

الطريقة العامة لتحضير الكحولات:

$$RX + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} R{-}OH + KX$$

- $$C_2H_5Br_{(l)} + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} C_2H_5OH_{(aq)} + KBr_{(aq)}$$

إيثانول (كحول أولي)

- $$\begin{array}{c} \mathbf{H} \\ | \\ \mathbf{CH_3-C-CH_{3(l)}} \\ | \\ \mathbf{Br} \end{array} + \mathbf{KOH_{(aq)}} \xrightarrow{\Delta} \begin{array}{c} \mathbf{H} \\ | \\ \mathbf{CH_3-C-CH_{3(aq)}} \\ | \\ \mathbf{OH} \end{array} + \mathbf{KBr_{(aq)}}$$

2- بروموبروبان — 2- بروبانول (كحول ثانوي)

- $$\begin{array}{c} \mathbf{CH_3} \\ | \\ \mathbf{CH_3-C-CH_{3(l)}} \\ | \\ \mathbf{Cl} \end{array} + \mathbf{KOH_{(aq)}} \xrightarrow{\Delta} \begin{array}{c} \mathbf{CH_3} \\ | \\ \mathbf{CH_3-C-CH_{3(aq)}} \\ | \\ \mathbf{OH} \end{array} + \mathbf{KCl_{(aq)}}$$

2- كلورو -2- ميثيل بروبان — 2- ميثيل -2- بروبانول (كحول ثانوي)

وترتيب الهالوجينات حسب سهولة انتزاعها من هاليد الألكيل، كالآتي:

يود > بروم > كلور > فلور

الخواص الفيزيائية

- الكحولات مواد متعادلة (التأثير على عباد الشمس) و عديمة اللون
- المركبات الأولى منها سوائل خفيفة تمتزج بالماء امتزاجًا تاماً
- المركبات المتوسطة سوائل زيتية القوام
- المركبات العالية مواد صلبة ذات قوام شمعي.

وتختلف الكحولات (خاصة المركبات الأولى منها) عن الألكانات في: الكحولات تذوب في الماء، و ارتفاع درجات غليان الكحولات . علل ؟

لوجود مجموعة الهيدروكسيل القطبية التي تكون روابط هيدروجيني:

- بين جزئيات الكحول وبعضها مما يسبب ارتفاع درجات غليانها.
- ومع جزئيات الماء مما يتسبب في ذوبانها في الماء.
- بزيادة عدد مجموعات الهيدروكسيل في جزيء الكحول يزداد ذوبانه في الماء وترتفع درجة غليانه.

الخواص الكيميائية

تفاعلات خاصة بذرة هيدروجين مجموعة الهيدروكسيل OH–

(أ) حمضية الكحولات:

الكحولات متعادلة التأثير على عباد الشمس، ولكن من الممكن أنّ تظهر لها صفة حمضية ضعيفة . **وضح ذلك .**

من خلال تفاعلها مع الفلزات النشطة مثل الصوديوم والبوتاسيوم التي تحل محل ذرة هيدروجين مجموعة الهيدروكسيل.

$$2C_2H_5OH_{(l)} + 2Na_{(s)} \longrightarrow 2C_2H_5ONa_{(l)} + H_{2(g)}$$

تفسير الحمضية الضعيفة للكحولات :

- زوج الالكترونات الذي يربط ذرة الهيدروجين بذرة الأكسجين في مجموعة الهيدروكسيل، يزاح أكثر ناحية ذرة الأكسجين الأكثر سالبية كهربية.
- تضعف الرابطة التساهمية القطبية بين الهيدروجين والأكسجين
- يسهل كسر هذه الرابطة التساهمية القطبية (OH–)
- يحل الفلز محل هيدروجين مجموعة الهيدروكسيل.

تدريب عملي

(١) ضع قطعة صغيرة من الصوديوم (في حجم الحمصة) في أنبوبة اختبار تحتوي على 5 ml من الإيثانول.

(٢) سد الأنبوبة بأصبع الإبهام ستشاهد فورانًا.

(٣) إذا قربت عود ثقاب مشتعل إلى فوهة الأنبوبة بحذر تحدث فرقعة مميزة مما يدل على تصاعد غاز الهيدروجين

(٤) إذا بخر المحلول على حمام مائي بعد انتهاء التفاعل تشاهد ترسب مادة بيضاء صلبة هي ايثوكسيد الصوديوم

(٥) يمكن تحليل إيثوكسيد الصوديوم مائيا إلى الإيثانول وهيدروكسيد الصوديوم.

$$C_2H_5ONa_{(s)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow C_2H_5OH_{(aq)} + NaOH_{(aq)}$$

(ب) تكوين الإستر (الكحولات + الأحماض العضوية = الاسترات):

$$CH_3COOH_{(l)} + C_2H_5OH_{(l)} \xrightarrow[H_2SO_4]{conc} CH_3COOC_2H_{5(aq)} + H_2O_{(l)}$$

ميكانيكية التفاعل :

من جزيء الكحول : تنفصل ذرة هيدروجين مجموعة الهيدروكسيل

من جزيء الحمض : تنفصل مجموعة هيدروكسيل.

ما إثبات ذلك ؟

عولج الكحول الإيثيلي المحتوي على نظير الأكسجين الثقيل (O^{18}) بحمض الايثانويك الذي يحتوي على الأكسجين العادي (O^{16}) فوجد أنّ أكسجين الماء الناتج أكسجين عادي.

تفاعل تكوين الاستر تفاعل منعكس لذا يضاف حمض الكبريتيك المركز لمنع التفاعل العكسي وبذلك يستمر تكوين الأستر.

تفاعلات خاصة بمجموعة الهيدروكسيل $-OH$

نظرا لاحتواء الكحولات على مجموعة الهيدروكسيل فإنها تتفاعل مع الأحماض الهالوجينية (HX).

فيتفاعل الإيثانول مع حمض الهيدروكلوريك المركز الذي يضاف إليه كلوريد الخارصين كعامل حفز مكونا كلوريد الإيثيل.

$$C_2H_5OH_{(l)} + HCl_{(l)} \xrightarrow{ZnCl_2} C_2H_5Cl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

تفاعلات خاصة بمجموعة الكاربينول $-C-OH$

- تتأكسد الكحولات بالعوامل المؤكسدة مثل ثاني كرومات البوتاسيوم أو برمنجنات البوتاسيوم (المحمضتين بحمض الكبريتيك المركز)
- تختلف نواتج الأكسدة تبعا لنوع الكحول (أولي – ثانوي – ثالثي).
- يتركز فعل العامل المؤكسد على ذرات الهيدروجين المتصلة بمجموعة الكاربينول ويحولها إلى مجموعات هيدروكسيل.
- عندما تتصل مجموعتي هيدروكسيل بذرة كربون واحدة يكون المركب الناتج غير ثابت نتيجة اتصال مجموعة الكاربينول بمجموعتي هيدروكسيل وسرعان ما يفقد جزيء ماء ويتحول إلى مركب ثابت.

(أ) أكسدة الكحولات الأولية:

تتأكسد الكحولات الأولية على خطوتين . علل ؟

لأن مجموعة الكاربينول تكون متصلة بذرتي هيدروجين، عندما تتأكسد ذرة الهيدروجين الأولى يتكون الألدهيد، وعندما تتأكسد ذرة الهيدروجين الثانية أيضًا يتكون الحمض، مثال : الإيثانول يتأكسد أولا إلى الاستيالدهيد ثم إلى حمض الإيثانويك.

$$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-O-H_{(l)} \xrightarrow{[O]} \left[H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{OH}{C}}-OH \right] \xrightarrow{-H_2O} H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\overset{H}{C}=O_{(l)}$$

كحول إيثيلي (إيثانول) — مركب غيرثابت — أسيتالدهيد

$$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\overset{H}{C}=O \xrightarrow{[O]} H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\overset{OH}{C}=O_{(l)}$$

حمض إيثانويك

تدريب عملي

(١) ضع في أنبوبة اختبار 3 ml من الإيثانول

(٢) أضف إليها كمية مماثلة من محلول ثاني كرومات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك المركز

(٣) سخنها في حمام مائي لمدة عشر دقائق يمكن تحليل إيثوكسيد الصوديوم مائيا إلى الإيثانول وهيدروكسيد الصوديوم.

الملاحظة :

(١) تغير لون ثاني كرومات البوتاسيوم من البرتقالي إلى الأخضر

(٢) ظهور رائحة الخل (حمض الإيثانويك)، (إذا استخدمت برمنجنات البوتاسيوم المحمضة كمادة مؤكسدة تلاحظ زوال لونها البنفسجي).

تطبيق للكشف عن تعاطي السائقين للكحول

(١) يسمح لهم بنفخ بالون من خلال أنبوبة بها مادة السليكاجل مشبعة بثاني كرومات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك

(٢) تترك البالونة ليخرج منها زفير السائق

(٣) إذا كان السائق مخمورًا تغير لون ثاني كرومات البوتاسيوم داخل الأنبوبة من اللون البرتقالي إلى اللون الأخضر.

(ب) أكسدة الكحولات الثانوية:

- تتم الأكسدة في خطوة واحدة لأنّ مجموعة الكاربينول في الكحولات الثانوية تتصل بذرة هيدروجين واحدة
- (بنفس الطريقة السابقة)، ويتكون الكيتون.
- مثال : يتأكسد الكحول الأيزوبروبيلي إلى الآسيتون (البروبانون).

$$H_3C-\underset{CH_3}{\overset{H}{C}}-OH_{(l)} \xrightarrow{[O]} \left[H_3C-\underset{CH_3}{\overset{OH}{C}}-OH \right] \xrightarrow{-H_2O} (H_3C)_2C=O_{(l)}$$

كحول أيزو بروبيلي 2- بروبانول — مركب غير ثابت — أسيتون

(ج) أكسدة الكحولات الثالثية:

- حيث أنّ مجموعة الكاربينول لا تتصل بذرات هيدروجين لذا فهي لا تتأكسد تحت هذه الظروف.

تفاعلات خاصة بجزء الكحول كله

تتفاعل الكحولات مع حمض الكبريتيك المركز

$$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-OH_{(l)} \xrightarrow[180^{o}C]{Conc.\ H_2SO_4} H_2C=CH_{2(g)} + H_2O_{(v)}$$

- إذا كانت الحرارة $180\ ^{\circ}C$ ينتزع الحمض جزيء ماء من كلّ جزيء واحد من الكحول ويتكون إيثين.
- يتوقف ناتج التفاعل على عدد جزيئات الكحول ودرجة الحرارة.
- إذا كانت الحرارة $140\ ^{\circ}C$ ينتزع حمض الكبريتيك المركز جزيء ماء من كلّ جزيئين من الكحول ويتكون إثير.

$$C_2H_5OH_{(l)} + C_2H_5OH_{(l)} \xrightarrow[140^\circ C]{Conc.\ H_2SO_4} C_2H_5{-}O{-}C_2H_{5(g)} + H_2O_{(v)}$$

إيثانول — إثيرثنائي الإيثيل

الأهمية الاقتصادية للكحولات

الأهمية الاقتصادية للكحول الإيثيلي:

(١) مذيب للمركبات العضوية مثل الزيت والدهون

(٢) الصناعات الكيميائية مثل صناعة الأدوية والطلاء والورنيش.

(٣) مادة مطهرة تستخدم في محاليل تعقيم الفم والأسنان عن طريق المضمضة وذلك لقدرته على قتل الميكروبات.

(٤) الإيثانول : صناعة الروائح العطرية والمشروبات الكحولية (أضرار المشروبات الكحولية : أضرار صحية مثل تليف الكبد وسرطان المعدة والمريء).

(٥) يخلط مع الجازولين ويستخدم كوقود للسيارات في بعض البلدان مثل البرازيل.

(٦) يدخل في تكوين الكحول المحول (85% إيثانول + 5% ميثانول + 1% إضافات + 9% لون ورائحة وماء) الذي يستخدم كوقود منزلي وفي بعض الصناعات الكيميائية.

(٧) تملأ به الترمومترات التي تقيس درجات الحرارة المنخفضة حتى $-50\ ^\circ C$ وذلك لانخفاض درجة تجمده $(-110.5\ ^\circ C)$.

الكحولات ثنائية الهيدروكسيل:

$$\underset{OH}{CH_2}{-}\underset{OH}{CH_2}$$

مثال : الإيثيلين جليكول

(١) يستخدم في مبردات السيارات في المناطق الباردة كمادة مانعة للتجمد

(٢) نظرا للزوجته الشديدة يستخدم في سوائل الفرامل الهيدروليكية وأحبار الأقلام الجافة وأحبار الطباعة.

(٣) يحضر منه بوليمر بولي إيثيلين جليكول (PEG) الذي يدخل في تحضير ألياف الداكرون وأفلام التصوير وأشرطة التسجيل.

الكحولات ثلاثية الهيدروكسيل:

$$\underset{OH}{CH_2}{-}\underset{OH}{CH}{-}\underset{OH}{CH_2}$$

- مثال : الجليسرول
- مادة مرطبة للجلد في مستحضرات التجميل والكريمات.
- صناعة النسيج لأنه يكسب الأقمشة المرونة والنعومة.

- تحضير مفرقعات النيتروجليسرين (ثلاثي نترات الجلسرين): حيث تجري عليه عملية النيترة بواسطة خليط من حمضي الكبريتيك والنيتريك المركزين.

$$\begin{array}{l} H_2C-OH \\ \quad | \\ \;HC-OH \\ \quad | \\ H_2C-OH_{(l)} \end{array} + 3HO-NO_{2(l)} \xrightarrow[\Delta]{Conc.\ H_2SO_4} \begin{array}{l} H_2C-O-NO_2 \\ \quad | \\ \;HC-O-NO_2 \\ \quad | \\ H_2C-O-NO_{2\,(l)} \end{array} + 3H_2O_{(v)}$$

- كما يستخدم النيتروجليسرين أيضًا لتوسيع الشرايين في علاج الأزمات القلبية.

المركبات عديدة الهيدروكسيل:

- تعتبر الكربوهيدرات مواد الدهيدية أو كيتونية عديدة الهيدروكسيل أي أنها تحتوي على أكثر من مجموعة هيدروكسيل بجانب مجموعة ألدهيد أو مجموعة كيتون مثال ذلك سكر الجلوكوز أو سكر الفركتوز $C_6H_{12}O_6$.

$$\begin{array}{c} O \\ \| \\ H-C \\ | \\ H-C-OH \\ | \\ HO-C-H \\ | \\ H-C-OH \\ | \\ H-C-OH \\ | \\ H-C-OH \\ | \\ H \end{array} \qquad\qquad \begin{array}{c} H \\ | \\ H-C-OH \\ | \\ C=O \\ | \\ HO-C-H \\ | \\ H-C-OH \\ | \\ H-C-OH \\ | \\ H-C-OH \\ | \\ H \end{array}$$

الجلوكوز — الفركتوز

الفينـــــولات

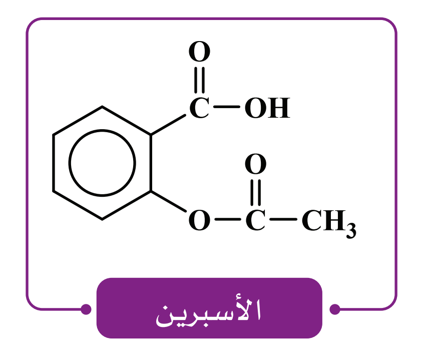
التعريف

مركبات هيدروكسيلية أروماتية تتصل فيها مجموعة هيدروكسيل أو أكثر مباشرة بذرات كربون حلقة البنزين.

فينول — كاتيكول — بيروجالول

الفينول (حمض الكربوليك) C_6H_5OH

- مركب عضوي له أهمية صناعية كبيرة، يستخدم كمادة أولية في تحضير كثير من المنتجات مثل:
  - البوليمرات والأصباغ والمطهرات
  - مستحضرات السلسليك (كالأسبرين) وحمض البكريك.


الأسبرين

طرق الحصول على الفينول:

(١) من التقطير التجزيئي لقطران الفحم.

(٢) من المركبات الهالوجينية الأروماتية بتحليلها مائيًا وذلك بتسخينها مع هيدروكسيد الصوديوم في درجة حرارة مرتفعة 300 °C وضغط عال 300 atm.

$$C_6H_5Cl_{(l)} + NaOH_{(aq)} \xrightarrow[300\ atm]{300^{\circ}C} C_6H_5OH_{(v)} + NaCl_{(aq)}$$

الخواص الفيزيائية

- الفينول مادة صلبة - كاوية للجلد - لها رائحة مميزة
- ينصهر عند 43 °C شحيح الذوبان في الماء ويزداد ذوبانه في الماء برفع درجة الحرارة حتى يمتزج به تمامًا عند 65 °C.

الخواص الكيميائية

(١) حامضية الفينول أقوى من الكحول:

- الخاصية الحامضية ترجع إلى وجود أيون الهيدروجين الموجب،

- كلا من الكحول والفينول له خاصية حامضية : حيث يتفاعل مع الفلزات القوية مثل الصوديوم ويخرج الهيدروجين.
- السبب : قطبية الرابطة (O-H)
- تزداد الخاصية الحامضية في الفينولات
- الدليل : أنها تتفاعل مع القلويات مثل الصودا الكاوية
- سبب قوة الحامضية : لأن حلقة البنزين في الفينولات تزيد من طول الرابطة بين H-O وتضعفها فيسهل انفصال أيون الهيدروجين لذا يعتبر الفينول حمض ويسمى بحمض الكربوليك.

(٢) لا يتفاعل الفينول مع الأحماض الهالوجينية على عكس الكحول :

السبب : تقصر حلقة البنزين الرابطة بين ذرة كربون حلقة البنزين في الفينول وذرة أكسجين مجموعة الهيدروكسيل فتزداد قوة ، لذا لا يمكن نزع مجموعة الهيدروكسيل من الفينولات بتفاعلها مع الأحماض وذلك عكس الكحولات.

(٣) نيترة الفينول:

$$C_6H_5OH_{(l)} + 3HO-NO_{2(l)} \xrightarrow{\text{Conc. } H_2SO_4} C_6H_2(OH)(NO_2)_{3(s)} + 3H_2O_{(l)}$$

- يتفاعل الفينول مع حمض النيتريك المركز في وجود حمض الكبريتيك المركز مكونًا ثلاثي نيترو الفينول ويسمى تجاريًا بحمض البكريك
- حمض البكريك : مادة متفجرة - مادة مطهرة لعلاج الحروق، يصبغ الجلد باللون الأصفر ولا تسهل إزالته ويبقى عدة أيام إلى أنّ تتجدد طبقة الجلد الخارجية (البشرة).

(٤) مع الفورمالدهيد:

يتفاعل الفورمالدهيد مع الفينول وذلك بخلطهما في وسط حمضي أو قاعدي، يكونان معا بوليمر مشترك

تجري عملية بلمرة بالتكاثف ليتكون بوليمر الباكليت (من أنواع البلاستيك الشبكي الذي يتحمل الحرارة – لونه بني قاتم)

خطوات التفاعل :

تفاعل جزيء من الفورمالديهد مع جزيئين من الفينول ويخرج جزيء ماء.

ترتبط جزيئات البوليمر المشترك بالتتابع إلى أنّ يتكون بوليمر شبكي.

- **أهمية الباكليت :** عازل و مقاوم للكهرباء يستعمل في عمل الأدوات الكهربائية وطفايات السجائر .

بوليمرات التكاثف:

هي بوليمرات مشتركة تنتج عادة من ارتباط نوعين من المونمر ويخرج جزيء صغير مثل جزيء الماء.

الكشف عن الفينول

- عند إضافة قطرات من محلول كلوريد الحديد (III) إلى محلول الفينول في الماء يتكون لون بنفسجي .
- محلول كلوريد الحديد III + محلول الفينول = **لون بنفسجي** .
- عند إضافة ماء البروم إلى محلول الفينول في الماء يتكون راسب أبيض .

الأحماض الكربوكسيلية

- أكثر المواد العضوية حامضية
- ليست أحماضًا قوية مثل الأحماض غير العضوية كأحماض الهيدروكلوريك HCl والكبريتيك H_2SO_4 والنيتريك HNO_3.

- تكون الأحماض الكربوكسيلية مجموعة متجانسة من المركبات العضوية
- تتميز بوجود مجموعة أو أكثر من مجموعات الكربوكسيل (-COOH).
- إذا اتصلت مجموعة الكربوكسيل بـ :
  - **مجموعة الكيل** : تكون حمض أليفاتي
  - **حلقة بنزين مباشرة** : تكون حمض أروماتي

مجموعة الكربوكسيل

هي مجموعة مركبة من مجموعتي الكربونيل والهيدروكسيل .

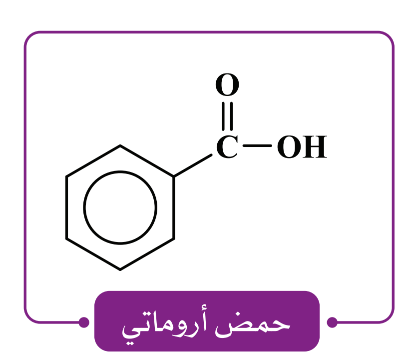
الأحماض الدهنية

هي الأحماض الأليفاتية المشبعة أحادية الكربوكسيل

- **سبب التسمية** : لأن عددًا كبيرًا من هذه الأحماض يوجد في الدهون على هيئة استرات مع الجليسرين.

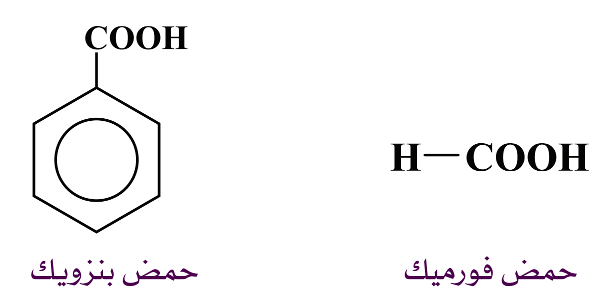
أنواع الأحماض الكربوكسيلية

حمض ألفاتي

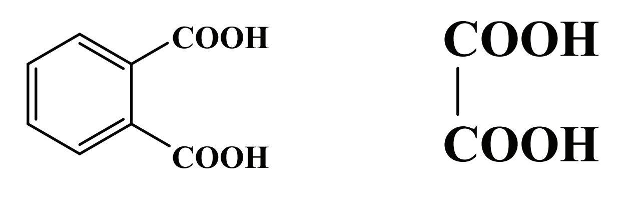


حمض أروماتي

- **أحماض أحادية الكربوكسيل (أحادية القاعدية):** حمض الفورميك، حمض البنزويك



- **أحماض ثنائية الكربوكسيل (ثنائية القاعدية):** حمض أكساليك، حمض فثاليك



حمض فثاليك　　حمض أكساليك

التسمية الشائعة

- تسمى الأحماض الكربوكسيلية عادة بأسمائها الشائعة المشتقة من الاسم اللاتينية أو الإغريقي للمصدر الذي حضرت منه.

- **أمثلة :**

(١) حمض الفورميك من اسم النمل الأحمر (Formica) (H-COOH) لأن الحمض حضر أول مرة من تقطير النمل المطحون

(٢) حمض الأستيك أو الخليك من الخل (Acetum) (CH_3-COOH).

(٣) حمض البيوتيريك من الزبدة (Butyrum) (C_3H_7-COOH).

(٤) حمض البالميتك من زيت النخيل (Palm Oil) ($C_{15}H_{31}$-COOH):

- **التسمية تبعًا للأيوباك:**

التسمية الشائعة للأحماض هي الأكثر استخدامًا عن بقية جميع المركبات العضوية الأخرى

- **عند تسمية الحمض تبعًا للأيوباك :**

- يشتق اسم الحمض من الألكان المقابل (الذي يحتوي على نفس عدد ذرات الكربون).
- يضاف المقطع (ويك) إلى نهاية اسم الالكان.

حمض الأسيتيك CH_3COOH

حمض أليفاتي أحادي الكربوكسيل

طرق تحضير حمض الاستيك في الصناعة

الطريقة الحيوية:

يحضر حمض الأستيك (الخل) في مصر بأكسدة المحاليل الكحولية المخففة بواسطة أكسجين الهواء في وجود بكتيريا الخل.

تحضيره من الاستيلين:

يحضر حمض الأستيك في الصناعة على نطاق واسع بالهيدرة الحفزية للأستيلين فينتج الأسيتالدهيد الذي يتأكسد بدوره إلى الحمض بسهولة.

$$HC\equiv CH_{(g)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow[HgSO_4(60°C)]{H_2SO_4(40\%)} H_3C-\overset{H}{\overset{|}{C}}=O_{(l)} \xrightarrow{[O]} H_3C-\overset{OH}{\overset{|}{C}}=O_{(l)}$$

أستيلين — أسيتالدهيد — حمض أستيك

الخواص العامّة للأحماض الأليفاتية:

الخواص الفيزيائية

تتدرج الخواص الفيزيائية للأحماض العضوية بزيادة الكتلة الذرية

- فالأحماض الأربعة الأولى منها سوائل كاوية لها رائحة نفاذة تامة الذوبان في الماء
- الأحماض الوسطى فسوائل زيتية القوام كريهة الرائحة شحيحة الذوبان في الماء
- بزيادة الكتل الجزيئية (الأحماض العليا) نجد أحماضًا صلبة عديمة الرائحة وغير قابلة للذوبان في الماء.

علل: درجات غليان الأحماض الكربوكسيلية أكبر من درجات غليان الكحولات التي تتساوى معها في عدد ذرات الكربون أو الكتلة الجزيئية؟

لأنّ الرابطة الهيدروجينية في الأحماض تعمل على تجميع الجزيئات في تجمعات، فيرتبط جزيء الحمض مع جزيء آخر برابطتين هيدروجينيتين.

$$R-C\overset{O\cdots\cdots H-O}{\underset{O-H\cdots\cdots O}{}}C-R$$

الخواص الكيميائية

(١) خواص تعزى إلى أيون الهيدروجين:

الخاصية الحامضية:

- تظهر الخاصية الحامضية في الأحماض الكربوكسيلية عند تكوين الأملاح العضوية بعد تفاعلها مع :
- الفلزات (التي تسبق الهيدروجين في السلسلة الكهروكيميائية)

$$2CH_3COOH_{(aq)} + Mg_{(s)} \longrightarrow (CH_3COO)_2Mg_{(aq)} + H_{2(g)}$$

- الأكاسيد

$$2CH_3COOH_{(aq)} + CaO_{(s)} \longrightarrow (CH_3COO)_2Ca_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

- الهيدروكسيدات

$$CH_3COOH_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow CH_3COONa_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

- أملاح الكربونات والبيكربونات.

$$CH_3COOH_{(aq)} + NaHCO_{3(s)} \longrightarrow CH_3COONa_{(aq)} + H_2O_{(g)} + CO_2$$

(٢) خواص تعزى إلى مجموعة الهيدروكسيل :

تكوين الاسترات: تتفاعل الأحماض العضوية مع الكحولات لتكوين الأستر والماء.

$$R-\overset{\overset{\large O}{||}}{C}-OH + H\,OR \xrightarrow{H_2SO_4} R-\overset{\overset{\large O}{||}}{C}-OR + H_2O$$

تطبيق: تفاعل حمض الأسيتيك مع الكحول الإيثيلي لتكوين إستر أسيتات الإيثيل وماء:

$$CH_3COOH_{(l)} + C_2H_5OH_{(l)} \xrightarrow[H_2SO_4]{Conc.} CH_3COOC_2H_{5(aq)} + H_2O_{(l)}$$

حمض أسيتيك ... إستر أسيتات الإيثيل

(٣) خواص تعزى إلى مجموعة الكربوكسيل:

- تختزل الأحماض الكربوكسيلية بواسطة الهيدروجين في وجود عامل حفز مثل كرومات النحاس عند درجة 200 °C- يمكن تحضير الإيثانول من حمض الأستيك بهذه الطريقة.
- يعتبر هذا التفاعل عكس تفاعل أكسدة الكحولات إلى أحماض.

$$CH_3-\overset{\overset{\large O}{||}}{C}-OH_{(aq)} + 2H_{2(g)} \xrightarrow[200\ ^\circ C]{CuCrO_4} CH_3CH_2OH_{(v)} + H_2O_{(v)}$$

الكشف عن حمض الأستيك

(١) كشف الحامضية:

- عند إضافة الحمض إلى ملح كربونات أو بيكربونات يحدث فوران ويتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يعكر ماء الجير.

$$CH_3COOH_{(aq)} + NaHCO_{3(s)} \longrightarrow CH_3COONa_{(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

(٢) كشف تكوين الأستر (الأسترة):

- تتفاعل الأحماض مع الكحولات لتكوين الاسترات المميزة برائحتها الذكية (روائح لأنواع مختلفة من الزهور أو الفواكه تبعًا لنوع الكحول والحمض).

$$R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH + H\,OR \xrightarrow{H_2SO_4} R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OR + H_2O$$

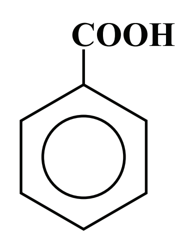
الأحماض الكربوكسيلية الأروماتية

الأحماض الأروماتية

هي مركبات تحتوي على مجموعة كربوكسيل أو أكثر متصلة مباشرة بحلقة بنزين

أنواعها

- أحادية القاعدية (أحادية الكربوكسيل): مثل حمض البنزويك.
- ثنائية القاعدية (ثنائية الكربوكسيل): مثل حمض الفثاليك.
- الأحماض الأروماتية عامة أقوى قليلاً من الأحماض الأليفاتية أقل ذوباناً في الماء أقل تطايرًا



حمض بنزويك

COOH / COOH

حمض فثاليك

تحضير حمض البنزويك

- عن طريق أكسدة الطولوين (بالهواء الجوي عند درجة الحرارة $400\ ^\circ C$) باستخدام المواد المؤكسدة المناسبة (مثل خامس أكسيد الفاناديوم V_2O_5).

$$2\ C_6H_5CH_3 + 3O_2 \xrightarrow[400^\circ C]{V_2O_5} 2\ C_6H_5COOH + 2H_2O$$

- تفاعلات مجموعة الكربوكسيل تشبه تلك الموجودة في الأحماض الأليفاتية (تكوين أملاح مع الفلزات أو هيدروكسيداتها أو كربوناتها وتكوين استرات مع الكحولات)

$$C_6H_5COOH_{(l)} \xrightarrow{NaOH} C_6H_5COONa_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

حمض بنزويك → ملح بنزوات صوديوم

$$C_6H_5COOH_{(l)} \xrightarrow[HCl\ (dry)]{C_2H_5OH} C_6H_5COOC_2H_{5(aq)} + H_2O_{(l)}$$

استر بنزوات الإيثيل

الأحماض العضوية في حياتنا

(١) حمض الفورميك H-COOH:

- يفرزه النمل الأحمر دفاعًا عن نفسه
- يستخدم في صناعة الصبغات والمبيدات الحشرية والعطور وفي العقاقير والبلاستيك.

(٢) حمض الاستيك CH_3COOH:

- حمض الاستيك النقي 100% نفاذ الرائحة
- يتجمد عند 16 °C على هيئة بلورات شفافة تشبه الثلج لذا يسمى حمض الخليك الثلجي
- يستخدم حمض الخليك المخفف 4% على هيئة الخل في المنازل
- يعتبر مادة أولية هامة في تحضير الكثير من المركبات العضوية مثل الحرير الصناعي والصبغات والمبيدات الحشرية والإضافات الغذائية.

(٣) حمض البنزويك :

COOH (حلقة بنزين)

- شحيح الذوبان في الماء لذا يحول إلى ملحه الصوديومي والبوتاسيومي ليكون قابلاً للذوبان في الماء ويسهل امتصاصه بالجسم.
- تستخدم بنزوات الصوديوم 0.1% في معظم الأغذية المحفوظة كمادة حافظة لأنها تمنع نمو الفطريات على هذه الأغذية.

(٤) حمض الستريك: (يوجد في الموالح مثل الليمون 5-7% والبرتقال 1%):

H
H—C—COOH
HO—C—COOH
H—C—COOH
H

- يستخدم في منع نمو البكتيريا على الأغذية لأنه يقلل من الرقم الهيدروجيني (pH)
- يضاف إلى الفاكهة المجمدة ليحافظ على لونها وطعمها.
- له استخدامات صناعية كثيرة

(٥) حمض اللاكتيك:

$H_3C-CH(OH)-COOH$

- يوجد في اللبن نتيجة لفعل الإنزيمات التي تفرزها بعض أنواع البكتيريا على سكر اللبن (اللاكتوز).
- يتولد في الجسم نتيجة للمجهود الشاق ويسبب تقلصًا في العضلات، لا عبوا الكره اكثر عرضه للاصابه بالشد العضلي.

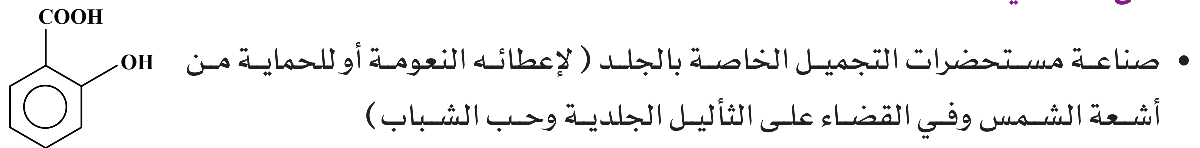
(٦) حمض الاسكوربيك فيتامين جـ (C):

- من الفيتامينات التي يحتاجها الجسم بكميات قليلة
- يؤدي نقصه إلى تدهور بعض الوظائف الحيوية في الجسم وإلى الإصابة بمرض الاسقرابوط، والذي من أعراضه نزيف اللثة وتورم المفاصل

(للإطلاع فقط : من وظائف فيتامين جـ : امتصاص الحديد ،، تصنيع الكولاجين ،، تصنيع هرمون الأدرينالين ،، تصنيع أحماض المرارة ،، بناء الأنسجة)

- يوجد في الحمضيات (الموالح) والفواكه والخضروات مثل الفلفل الأخضر.
- يتحلل بالحرارة وفعل الهواء.

(٧) حمض السلسليك:

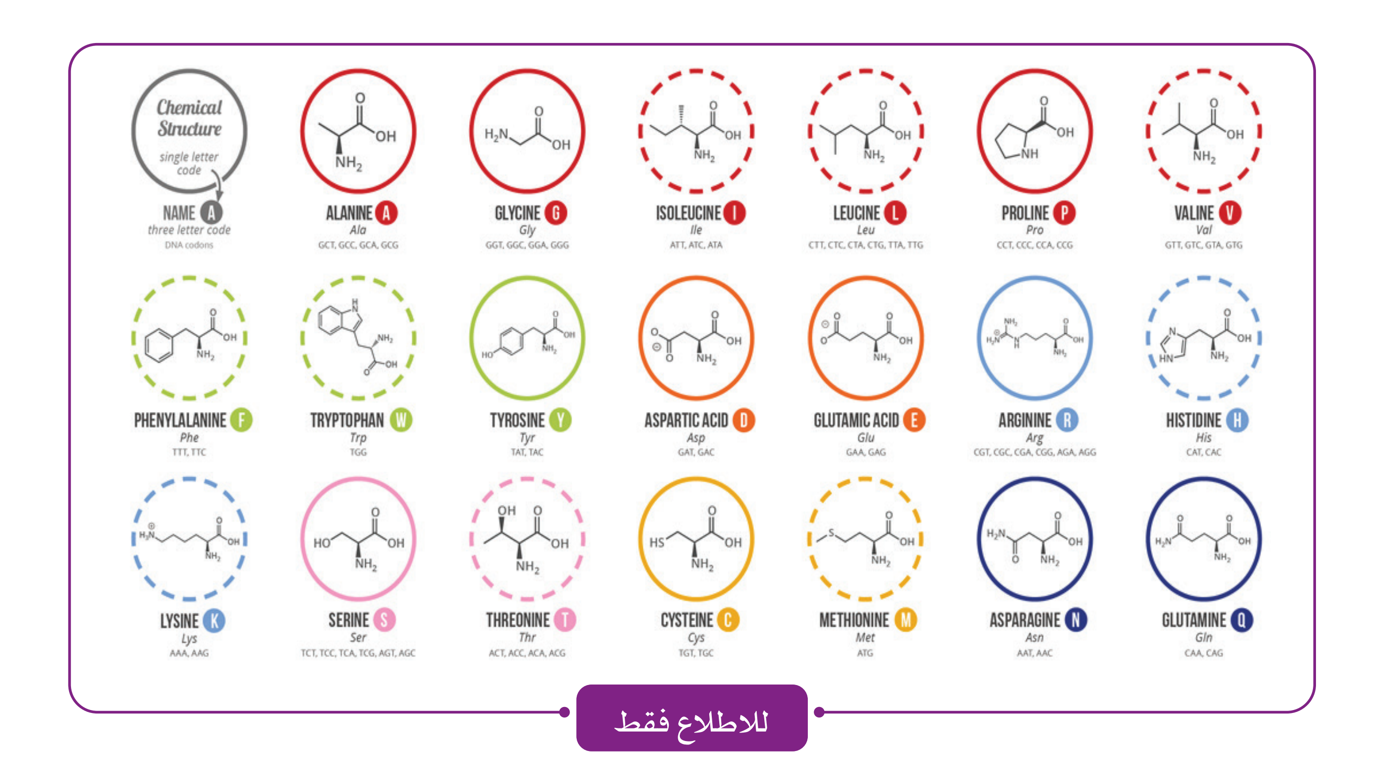


- صناعة مستحضرات التجميل الخاصة بالجلد (لإعطائه النعومة أو للحماية من أشعة الشمس وفي القضاء على الثآليل الجلدية وحب الشباب)
- يستخدم في صناعة الإسبرين.

(٨) الأحماض الأمينية Amino acids:

$$-NH_2 + HCH_2COOH \longrightarrow NH_2CH_2COOH$$

- تعرف الأحماض الأمينية بأنها مشتقات أمينية للأحماض العضوية
- أبسط أنواع الأحماض الأمينية هو حمض الجلايسين ويسمى أيضًا بحمض الأمينواستيك (NH_2CH_2COOH).
- يتكون الجلايسين نتيجة لإحلال مجموعة أمينو ($-NH_2$) محل ذرة هيدروجين من مجموعة الألكيل الموجودة في جزيء حمض الأستيك.
- الأحماض الأمينية الموجودة في الطبيعة متعددة
- يوجد منها عشرون حمضا فقط في البروتينات الطبيعية.
- تتميز الأحماض الأمينية الموجودة في البروتينات بأنها جميعًا من نوع الألفا أمينو (أي أنّ مجموعة الأمينو تكون متصلة بذرة الكربون ألفا (α) وهي التي تلي مجموعة الكربوكسيل مباشرة).
- تعتبر البروتينات بوليمرات للأحماض الأمينية.


Chemical Structure
single letter code
NAME A
three letter code
DNA codons
ALANINE A
Ala
GCT, GCC, GCA, GCG
GLYCINE G
Gly
GGT, GGC, GGA, GGG
ISOLEUCINE I
Ile
ATT, ATC, ATA
LEUCINE L
Leu
CTT, CTC, CTA, CTG, TTA, TTG
PROLINE P
Pro
CCT, CCC, CCA, CCG
VALINE V
Val
GTT, GTC, GTA, GTG
PHENYLALANINE F
Phe
TTT, TTC
TRYPTOPHAN W
Trp
TGG
TYROSINE Y
Tyr
TAT, TAC
ASPARTIC ACID D
Asp
GAT, GAC
GLUTAMIC ACID E
Glu
GAA, GAG
ARGININE R
Arg
CGT, CGC, CGA, CGG, AGA, AGG
HISTIDINE H
His
CAT, CAC
LYSINE K
Lys
AAA, AAG
SERINE S
Ser
TCT, TCC, TCA, TCG, AGT, AGC
THREONINE T
Thr
ACT, ACC, ACA, ACG
CYSTEINE C
Cys
TGT, TGC
METHIONINE M
Met
ATG
ASPARAGINE N
Asn
AAT, AAC
GLUTAMINE Q
Gln
CAA, CAG

للاطلاع فقط

الاسترات

الاسترات

هي نواتج اتحاد الأحماض الكربوكسيلية مع الكحولات

- يمثل ذلك بالمعادلة العامّة :

$$R-\overset{\overset{\Large O}{||}}{C}-OH + H\,OR \rightleftharpoons R-\overset{\overset{\Large O}{||}}{C}-OR + H_2O$$

الطريقة المباشرة لتحضير الإستر :

- عن طريق تفاعل الحمض الكربوكسيلي مع الكحول
- مثال تحضير أسيتات الإيثيل : عن طريق تفاعل حامض الأستيك مع كحول الإيثيلي (الإيثانول)
- علل : يفضل استخدام مادة نازعة للماء عند تحضير الاسترات ؟

لأن هذا التفاعل انعكاسي حيث يتحلل الأستر مائيًا إلى الحامض والكحول فتستخدم مادة نازعة للماء للتخلص من الماء الناتج ومنع التفاعل العكسي

- المواد النازعة للماء مثل : حامض الكبريتيك المركز H_2SO_4 أو غاز كلوريد الهيدروجين الجاف HCl

التسمية

- يسمى الاستر باسم الشق الحامضي واسم الألكيل من الكحول ويتضح ذلك من الأمثلة الآتية :

الحمض (حمض الألكانويك)	الكحول (الألكانول)	الاستر (ألكونات الألكيل)
حمض البنزويك (Ar-COOH)	الإيثانول (C_2H_5OH)	بنزوات الإيثيل ($Ar-COOC_2H_5$)
حمض الأسيتيك (الإيثانويك) (CH_3COOH)	الإيثانول (C_2H_5OH)	أسيتات الإيثيل (إيثانوات الإيثيل) ($CH_3COOC_2H_5$)
حمض الفورميك (الميثانويك) (HCOOH)	الميثانول (CH_3OH)	فورمات الميثيل (ميثانوات الميثيل) ($HCOOCH_3$)

- وتنتشر الاسترات بكثرة في الطبيعة فهي توجد في كلّ من المواد النباتية والحيوانية .

أمثلة للإسترات في الطبيعة :

- شمع النحل (إستر له كتلة جزيئية مرتفعة)
- **الزيوت والدهون :** استرات مشتقة من الجلسرين (كحول ثلاثي الهيدروكسيل - مع أحماض دهنية عالية).

الخواص الفيزيائية

الرائحة:

كثير من الاسترات يتميز برائحة ذكية وهي التي تمد الفواكه والأزهار والزيوت العطرية برائحتها والنكهة الخاصة بها.

- تم تحضير إسترات عضوية عديدة لإنتاج العطور والنكهات تجاريًا
- تستخدم إما بمفردها أو ممزوجة بمركبات طبيعية، بارتفاع الكتل الجزيئية للكحولات والأحماض المستخدمة في تكوين الاسترات :
  - تقل رائحة الاسترات تدريجيًا
  - تتغير طبيعة الأستر من سائل ذي رائحة ذكية إلى جسم صلب شمعي عديم الرائحة تقريبًا .

الحالة الفيزيائية :

- الاسترات معظمها سوائل

علل : تقل درجة غليان الاسترات عن درجات غليان الأحماض أو الكحولات المتساوية معها في الكتلة الجزيئية ؟

لعدم احتوائها على مجموعة الهيدروكسيل القطبية الموجودة في الكحولات والأحماض والتي تتسبب في ربط جزيئاتها معًا بالروابط الهيدروجينية.

الخواص الكيميائية

التحلل المائي: ينتج من التحلل المائي للاستر كحول وحامض أو بعبارة أخرى فإنّ هذا التفاعل عكس عملية الأسترة السابقة، وهو نوعان:

(أ) **التحلل المائي الحمضي :** يتم هذا التحلل المائي باستخدام حامض معدني مخفف كعامل مساعد.

$$H_3C-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OC_2H_{5(l)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow{H^+} CH_3COOH_{(aq)} + C_2H_5OH_{(l)}$$

استر أسيتات الإيثيل — حمض الأسيتيك — الإيثانول

(ب) **التحلل المائي القاعدي (التصبن) :** يمكن إجراء التحلل المائي بالتسخين مع قلوي مائي حيث يتكون الكحول وملح الحامض

$$CH_3COOC_2H_{5(l)} + NaOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} CH_3COONa_{(aq)} + C_2H_5OH_{(l)}$$

استر أسيتات الإيثيل — أسيتات صوديوم — إيثانول

$$C_6H_5COOC_2H_{5(l)} + NaOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} C_6H_5COONa_{(aq)} + C_2H_5OH_{(l)}$$

بنزوات الإيثيل — بنزوات صوديوم — إيثانول

علل يسمى التحلل المائي القاعدي بالتصبن ؟

حيث أنّ الصابون هو أملاح الصوديوم لأحماض كربوكسيلية عالية.

التحلل بالأمونيا (التحلل النشادري):

يتم هذا التحلل باستخدام النشادر (الأمونيا) حيث يتكون أميد الحامض والكحول.

$$H_3C-\overset{\overset{O}{||}}{C}-OC_2H_{5(l)} + NH_{3(g)} \longrightarrow H_3C-\overset{\overset{O}{||}}{C}-NH_{2(l)} + C_2H_5OH_{(l)}$$

أسيتات الإيثيل — أسيتاميد

$$H_5C_6-\overset{\overset{O}{||}}{C}-OC_2H_{5(l)} + NH_{3(g)} \longrightarrow H_5C_6-\overset{\overset{O}{||}}{C}-NH_{2(l)} + C_2H_5OH_{(l)}$$

بنزوات الإيثيل — بنزاميد

الاسترات في حياتنا

الاسترات كمكسبات طعم ورائحة:

تتميز الاسترات بروائح ذكية جعلت منها مواد مهمة في كثير من الصناعات الغذائية كمكسبات طعم ورائحة.

الاسترات كدهون وزيوت:

الزيوت والدهون : عبارة عن استرات ناتجة من تفاعل الجليسرول مع الأحماض العضوية

علل تسمى جزيئات الزيوت والدهون بثلاثي الجلسريد ؟

لأن كلّ جزيء منها يتكون من تفاعل :

- جزيء واحد من الجليسرين (كحول ثلاثي الهيدروكسيل)
- مع ثلاثة جزيئات من الأحماض الدهنية
  - قد تكون الأحماض الدهنية من نوع واحد وغالبًا ما تكون مختلفة
  - قد تكون السلسلة الكربونية لهذه الأحماض طويلة أو قصيرة مشبعة أو غير مشبعة.

$$\begin{array}{l} H_2C-OH \\ HC-OH \\ H_2C-OH \end{array} + \begin{array}{l} HO-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R_1 \\ HO-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R_2 \\ HO-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R_3 \end{array} \longrightarrow \begin{array}{l} CH_2-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R_1 \\ CH-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R_2 \\ CH_2-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R_3 \end{array} + 3H_2O$$

جليسرول — أحماض دهنية — استر ثلاثي الجليسريد

ملحوظة: التحلل المائي للدهن أو الزيت (استر ثلاثي الجليسريد) في وجود مادة قلوية قوية مثل NaOH أو KOH تسمى بعملية التصبن وهي الأساس الصناعي لتحضير كلّ من الجليسرين والصابون.

الاسترات كبوليمرات (البولي استر):

البولي استرات : هي بوليمرات تنتج من عملية تكاثف مشتركة لمونومرين أحداهما لجزيء ثنائي الحامضية والآخر كحول ثنائي الهيدروكسيل.

وتستمر عملية التكاثف كيميائيًا بأن يهاجم الكحول طرف الجزيء من ناحية الحمض أو يهاجم الحمض طرف الجزيء من ناحية الكحول وبتكرار عملية التكاثف يتكون جزيء طويل جدًا يسمى **البولي استر**.

$$HO-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-C_6H_4-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + HO-CH_2-CH_2-OH \xrightarrow{-H_2O} HO-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-C_6H_4-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_2CH_2OH$$

حمض تيرفثاليك — ايثيلي جليكول

حامض — الداكرون — كحول

أشهر أنواع البولي استرات المعروفة: هو نسيج الداكرون، يصنع الداكرون بأسترة حمض التيرفثاليك والاثيلين جليكول.

الاستخدام : تصنع منه أنابيب لاستبدال الشرايين التالفة، كما تصنع منه صمامات القلب الصناعية، نظرًا لخمول الداكرون .

الاسترات كعقاقير طبية

- تستخدم الاسترات العضوية في عمل كثير من العقاقير، أشهرها وأبسطها هو الأسبرين وزيت المروخ (الذي يستخدم كدهان موضعي حيث يمتص عن طريق الجلد لتخفيف الآلام الروماتيزمية).
- الحمض العضوي المستخدم في تحضير هذين العقارين هو حمض السلسليك.
- يحتوي حمض السلسليك على مجموعتي الكربوكسيل والهيدروكسيل لذا: يمكنه أنّ يتفاعل كحمض أو كحول (فينول)، ويتبين ذلك من التفاعلات التالية:

$$HO\text{-}C_6H_4\text{-}COOH_{(l)} + H\text{-}O\text{-}CH_{3(l)} \longrightarrow HO\text{-}C_6H_4\text{-}COOCH_{3(l)} + H_2O_{(l)}$$

حمض السلسليك — ميثانول — زيت المروخ (سلسيلات ميثيل)

$$HOOC\text{-}C_6H_4\text{-}OH_{(l)} + HO\text{-}\overset{O}{\overset{\|}{C}}\text{-}CH_{3(l)} \longrightarrow HOOC\text{-}C_6H_4\text{-}O\text{-}\overset{O}{\overset{\|}{C}}\text{-}CH_{3(s)} + H_2O_{(l)}$$

حمض السلسليك — حمض اسيتيك — أسبرين (اسيتيل حمض السلسيك)

الأسبرين

- يخفف آلام الصداع وتخفض الحرارة
- يقلل تجلط الدم فيمنع حدوث الأزمات القلبية
- **المادة الفعالة في الأسبرين:** هي حمض السلسليك
- إضافة مجموعة الاستيل إليه $(CH_3CO\text{-})$ تجعله عديم الطعم تقريبًا وتقلل من حموضته.
- **علل يسبب الأسبرين تهيجا للجدار المعدة قد يؤدي إلى القرحة ؟**

لأن الأسبرين يتحلل في الجسم لينتج حمض السلسليك وحمض الأستيك وهي أحماضًا تسبب تهيجًا لجدار المعدة وقد تسبب قرحة للمعدة

$$HOOC\text{-}C_6H_4\text{-}O\text{-}\overset{O}{\overset{\|}{C}}\text{-}CH_{3(s)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow{H^+} HOOC\text{-}C_6H_4\text{-}OH_{(l)} + HO\text{-}\overset{O}{\overset{\|}{C}}\text{-}CH_{3(l)}$$

أسبرين (اسيتيل حمض السلسيك) — حمض السلسليك — حمض اسيتيك

◂ لتفادي قرحة المعدة :

- ينصح الأطباء بتفتيت حبة الأسبرين قبل بلعها أو أخذها مذابة في الماء.
- هناك أنواع من الأسبرين تكون مختلطة بمادة قلوية مثل هيدروكسيد الألومنيوم لتعادل الحموضة الناتجة.